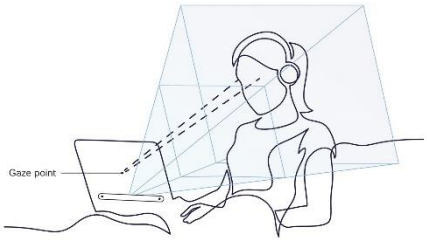
УНИВЕРСИТЕТ ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО
И ГЕОДЕЗИЯ

ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА ”ФОТОГРАМЕТРИЯ И КАРТОГРАФИЯ”

инж. Николета Валентинова Николова

Анализ на знаковата система и съдържанието на WEB карти

Автореферат на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор“



научен ръководител: проф. д-р инж. Станислав Василев

София – 2026

УНИВЕРСИТЕТ ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО
И ГЕОДЕЗИЯ

ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА ”ФОТОГРАМЕТРИЯ И КАРТОГРАФИЯ”

инж. Николета Валентинова Николова

Анализ на знаковата система и съдържанието на WEB карти

Автореферат на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор“

по професионално направление 5.7. Архитектура, строителство и геодезия, научна специалност „Картография (вкл. тематично географско картографиране)”

научен ръководител: проф. д-р инж. Станислав Василев

София 2026

Дисертационният труд се състои от 182 страници и 27 приложения. Той включва въведение, 8 глави и заключение, в които 133 фигури и 19 таблици, цитирана литература, списък на фигурите, списък на таблиците, списък на приложенията, справка за приносите в дисертационния труд, списък на статиите на автора на дисертационния труд. Защитата на дисертационния труд ще се състои на 03.09.2026 г. в УАСГ.

Научно жури:

проф. д-р инж. Теменужка Любенова Бандрова

проф. д.ик.н. инж. Андрей Иванов Андреев

проф. д-р Нина Николова

доц. д-р Веселина Господинова

доц. д-р инж. С. Маринова

Автор: инж. Николета Валентинова Николова

Заглавие: Анализ на знаковата система и съдържанието на WEB карти

СЪДЪРЖАНИЕ

ВЪВЕДЕНИЕ 5
Актуалност на проблема и мотивация 5
Основна цел и поставени задачи 6
Обект на изследване 7
1. Същност на ефективност на картографските продукти 7
1.1. Запознаване с терминологията 7
1.2. Съществуваща класификация на уеб картите 7
1.3. Дизайн на взаимодействие 9
1.4. Ефективност на уеб дизайна и навигационно-функционалните елементи ... 9
1.5. Типология на читатели на карти 11
1.6. Типове събиране мнения на потребители 12
2. Значение на знака и знаковите системи в уеб картографията 13
2.1. Същност на знака в картографията 13
2.2. Картосемиотика 13
2.3. Значение на картографските знаци 14
2.4. Картографска комуникация 14
2.6. Картографска визуализация 15
2.7. Ефективност на картографската знакова система 18
3. Системите за проследяване на погледа в картографията 19
3.1. Въведение в системите за следене на погледа 19
3.3. Системи за следене на погледа в картографията 20
3.4. Системите за проследяване на погледа с ниска стойност 20
3.5. Системите за проследяване на погледа с висока стойност 20
3.6. Оптични системи 21
3.7. Софтуер за изследване на погледа 21
3.8. Хардуер за изследване на погледа 21
3.9. Точност и прецизност 21
3.10. Оптимални настройки за картографски цели 22
4. Съставяне на класификационна схема на методите на изследване за качество на уеб карти 23
4.1. Изследване за ефективност на уеб карта и нейните картографски знаци 23
4.2. Методи за оценка на съдържанието 23
4.3. Методи за анализ на използваемостта и потребителското преживяване 25
4.4. Технологични и функционални методи 26
4.5. Визуално-картографски методи 27
4.6. Допълнителни методи 29
5. Анализ на ефективността спрямо структурата на картографските знаци 29
5.1. Обосновка за експеримента 29
5.2. Ключови въпроси и хипотези към изследването 30
5.2. Цел на задачите 31
5.3. Структура на експеримента 31
5.4. Статистически показатели за знакова ефективност 33

5.5. Задача сравнение между размер и цвят 36
5.6. Резултати от задачите с две условия 37
5.7. Анализ на изпълнение за индивидуална задача 37
6. Анализ на използваемостта спрямо технологичната и функционална производителност 39
6.1. Нова подробна класификация на уеб карти 39
6.1. Анализ на съществуващи уеб карти 40
7. Изследване за ефективност чрез система за следене на погледа при картографски дизайн и легенди 47
7.1. Постановка на изследването 47
7.2. Използвана техника 47
7.3. Обработка на данни от система за следене на погледа 48
8. Препоръки за подобряване на картографския дизайн и знаци на уеб карти 55
8.1. Разработване на нов уеб продукт 55
8.2. Препоръки за функционалност 63
8.3. Препоръки за картографските знаци и легенди 65
9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ 69
Цитирани източници 70
Справка за приносите в дисертационния труд 72
Публикации на автора, свързани с дисертационния труд 73

ВЪВЕДЕНИЕ

Актуалност на проблема и мотивация

Картографската комуникация представлява процес на предаване на географска информация чрез карти. Тя обхваща не само създаването на карти, но и тяхното възприемане и разбиране от различни аудитории. Картите са основно средство за визуализация на пространствени данни, като улесняват разбирането на сложни географски явления и връзки. В основата на картографската комуникация стоят принципи за структурата, символиката, интерпретацията и картографската генерализация, които заедно формират ефективна и разбираема карта.

Картографската комуникация не се ограничава само до прецизното предаване на географска информация чрез картографски знаци върху карта. Важен аспект на този процес е разбирането и управлението на функционалността със знаците, използвани в картографирането. Функционалността се отнася до комуникацията на картата и потребителя, заедно с неговите асоциациите и емоциите, които различните знаци и цветове могат да предизвикат у него. Тези асоциации често зависят от културния контекст, личния опит и социалните нагласи на потребителите.

С навлизането на мобилните и интерактивните технологии, уеб картите се утвърдиха като основен инструмент за визуализация и интерпретация на пространствени данни. Те се използват ежедневно за широк спектър от приложения – от навигация и планиране на пътувания до анализ на големи данни и управление на ресурси. Технологичният напредък поставя предизвикателства и възможности, но най-вече въпроси за това доколко ефикасен и полезен е създадения картографски продукт. Това подчертава значимостта на изследването на всеки основен компонент в уеб картографията.

Един от ключовите аспекти на уеб картите е знаковата система, която те използват. Знаковата система е комплекс от символи, цветове и графични елементи, които предават информация и улесняват възприемането на картата от страна на потребителя. Структурата, яснотата и различимостта на знака е от съществено значение за разбирането на ефективността и функционалността на картата. При знаците на уеб картите проблемите, които могат да възникнат, включват неясни или неправилно избрани знаци, които могат да затруднят разбирането на картата и да доведат до грешки в интерпретацията.

Актуалността на настоящата дисертация е обусловена от нарастващия процес на създаване и използване на уеб карти. Това изисква все по-ефективни и по-интуитивни знаковите системи. В този условие визуалните променливи (цвят, размер, форма, ориентация) имат ключова роля за правилното възприемане и интерпретация на пространствена информация. Неподходящото им приложение води до когнитивни затруднения, погрешни интерпретации и намалена ефективност при работа с уеб карти. Освен изборът на ефективни картографски визуализации, са от значение и структурата на легендите, както и навигационно-функционалния дизайн на една уеб карта. Техното прецизно анализиране осигурява по-добра комуникация с картографския уеб продукт.

Под думата „съдържание“ в текущото изследване ще се разбира съвкупност и организация от извънкартно (извънрамково) елементи като мащаб, координатна система, легенда, метаданни и друга информация, която е неразривна част от картата. Качеството на съдържанието е ключово за възприемането на картата и нейното използване. То трябва да бъде ясно, удобно и релевантно за нуждите на потребителя.

Към момента липсват систематизирани комбинирано изследване на ефективността на уеб картите, включвайки трите основни компонента – знаци, легенда и интерактивни елементи и типология на грешките в българските геопортали и техните уеб карти. Дисертацията предлага препоръки при съставянето на знаковите система, навигационното съдържание и легендите, с което се разширяват на знанията за ефективната картографска комуникация.

Основна цел и поставени задачи

Основните задачи на настоящото изследване са да се анализира ефективността на картографските знаци чрез комбинация от различни графични променливи и да се оценят интерактивните елементи в някои от най-известните уеб карти и геопортали в България в контекста на картографската комуникация.

1. **Анализ на ефективността на уеб картите**: Да се разгледа общата теория и основните дефиниции за ефективно и ефикасно съдържание при уеб картите и да се разшири тяхната класификация в съвременния картографски контекст.
2. **Откриване на проблеми с уеб картите в България**: Да се анализират детайлно най-известните геоинформационни портали към момента в България за идентифициране области от уеб картите, които причинят проблеми или затруднения с техното разбирането и ефикасно използване.
3. **Анализ на взаимодействието с уеб портали и менюта**: Да се изследват най-използваните интерактивни елементи от една уеб карта чрез реални потребителски данни предоставя чрез програмиране на метод за „прихващане“ на потребителските взаимодействия и предпочитания, както и времето за ориентиране в навигационните елементи и менюта при уеб картите.
4. **Оценка на картографските знаци и типове легенди**: Да се използват системи за следене на погледа в картографията за определяне как протича възприемането на картографските знаци и легендата в уеб среда. Оценяването на два различни вида структуриране на легенди при знаци с двойна артикулация е важно за подобряване както на дизайна на картографските знаци, така и на самите легенди.
5. **Разработване на препоръки и финален картографски продукт**: Провеждане на два експеримента (в България и в Чехия) за визуално търсене (свързан със структурата на знаците) и за потребителско взаимодействие (свързан с интерактивните елементи към уеб картата и легендата) да определяне на препоръки за качествено разбиране на пространствена информация върху уеб карта и създаване на краен картографски продукт, базиран на тях.

Обект на изследване

Обект на изследване на дисертационния труд са уеб картите и техните знакови системи и съдържание.

ГЛАВА 1

Същност на ефективност на картографските продукти

1.1. Запознаване с терминологията

В областта на оценката на потребителското представяне с информационни системи се използват различни методи и концепции, като основните параметри за измерване включват ефективността и ползваемостта, които обхващат точността, пълнотата и ресурсите, необходими за постигането на поставените цели.

Според ISO 9001 (ISO, 2015) **ефективността** (effectiveness) се определя като „точността и пълнотата, с които потребителите постигат зададените цели“. Тя се измерва чрез времето за изпълнение на задачата. От друга страна, ефикасността съответства и на необходимите ресурси (напр. умения, памет) за постигане на желан резултат.

Терминът **ползваемост** (usability) се дефинира като "ефективността, ефективността и удовлетвореността, с които определени потребители постигат определени цели в конкретни среди" (ISO, 1998). Използваемостта може да разкрие качества на продукта, както и липса на неговата функционалност, което обикновено възниква по време на фазата на проектиране на картографския продукт за изпълнение на задачата (Hub, 2011). Оценяваният продукт може да бъде изображение, текст, видео, карта или уеб страница за електронно обучение (Popelka & Brychtova, 2014).

В уеб картографията се използват уеб карта, интерактивни карти и геопортали за представяне на геопространствена информация. Техните потребители имат възможност да избират какво да видят от съдържанието им. Според авторите (Marinova & Bandrova, 2023), създаването на интерактивна карта условно се разделя на две части. Първата част включва изготвянето на картата в няколко мащаба, а втората – добавянето на интерактивни елементи и свързването им с картната основа. Обикновено се използват два основни подхода за създаване. Първият е създаването на картите изцяло в ГИС (географска информационна система) софтуер и добавянето на интерактивните функции със същия или допълнителен ГИС инструмент. Другият подход включва компилиране на картата в ГИС софтуер, последващ дизайн чрез графичен софтуер и разработка на интерактивната част с допълнителен софтуер. За интерактивността могат да се използват различни методи.

1.2. Съществуваща класификация на уеб картите

Използването на уеб-базирани карти нарасна значително през последните няколко години. За по-лесно разбиране и ориентиране в уеб-картографските материали в литературата са създадени няколко класификации. Първи Крак (M. J. Kraak, 2001) представя класификация на уеб картите, която е основа, върху която стъпват всички останали класификации на уеб картите. Той ги разделя на две групи – ***статични и***

динамични и изтъква, че поради голямата динамика на развитие на уеб картографията, направената от него класификация може да се счита за моментна снимка към периода, в който е съставена. Допълнително всеки от видовете се дели на два подвида: карти, които предоставят единствено картографско изображение (ЕКИ) и карти, които притежават интерактивен интерфейс и съдържание.

По-късно авторът (Neumann, 2008) прави редакция на представената от Kraak (M. J. Kraak, 2001) класификация. Той смята, че е *невъзможно да бъде направена пълна класификация покриваща всички типове уеб карти*. Същевременно обаче могат да бъдат дефинирани определени техни характеристики. Списъкът с уеб карти включва:

- ✓ Статични уеб карти;
- ✓ Динамично създадени уеб карти;
- ✓ Класифицирани уеб карти;
- ✓ Анимирани уеб карти;
- ✓ Представящи реалното време уеб карти;
- ✓ Персонализирани уеб карти;
- ✓ Отворени уеб карти;
- ✓ Интерактивни уеб карти;
- ✓ Аналитични уеб карти.

Тъй като тези класификации на видовете уеб карти е в началния етап от развитието на уеб картографията. В съвременния контекст мобилните приложения използват уеб услуги за достъп до геопространствени данни, работят с облачни бази данни и визуализират информация в реално време. Към момента мобилните карти са неделима част от уеб картографията и ГИС.

1.2.1. Епохи в уеб картографирането

Развитието на уеб картографирането е резултат от постоянния напредък в технологиите, нарастването на данните и информацията. Анализирани са ключовите моменти в уеб картографирането в няколко основни етапа (Veenendaal и съавт., 2017), описани в Таблица 1.1:

Таблица 1.1. Епохи в развитието на уеб картографирането.

Епохи	**Описание**
Статична картография (1990-те години)	Началото на Web 1.0, когато картите се представят като статични изображения с хипервръзки. Това позволява първоначално споделяне на карти онлайн.
Динамични карти	Използване на технологии като HTML и Java за създаване на интерактивни карти, които могат да се персонализират от потребителите.
Уеб картографски услуги	Разработване на компонентно-базирани технологии (.NET), позволяващи гъвкава и интероперативна среда за уеб картографски приложения.
Интерактивни уеб карти	Въвеждане на технология за разпределено зареждане на карти, осигуряващи плавно и динамично потребителско изживяване. Това също така отваря пътя за Web 2.0 и участието на потребителите в създаването на географски данни.

Цифрови глобуси (2005 г.)	Разпространение на картографските технологии чрез Google Earth, Microsoft Virtual Earth (Bing), NASA World Wind и други. Това довежда до експлозивен ръст на картографските потребители и популяризира 3D картографирането.
Мобилни уеб карти	Интегриране на GPS и местоположение в мобилни устройства, което води до разработването на услуги, базирани на местоположението, както и до създаването на потребителски генерирано съдържание.
Облачна картография	Използване на облачни технологии за съхранение и обработка на геопространствени данни, включително управление на големи обеми от данни (Big Data) и разпределени изчисления чрез платформи като Hadoop.
Интелигентни уеб карти	Внедряване на семантични технологии и изкуствен интелект за предоставяне на персонализирано съдържание, отговарящо на контекста на потребителя.

Този списък показва как уеб картите стават все по-сложни, преминавайки от статични към динамични и интерактивни системи.

1.3. Дизайн на взаимодействие

Темата за дизайна на взаимодействие се разглежда в областите на човек-компютърно взаимодействие, информационна визуализация, изследване на полезността и визуален анализ, като множество учени от тези области призовават за създаване на наука за взаимодействие, която да съпътства съществуващото разбиране (Pike, 2009; Yi, 2007). Професионално такова изследване все повече се описва като дизайн на потребителския интерфейс (UI) или дизайн на опит на потребителя (UX), или тяхното сливане като UI/UX дизайн (Hassenzahl, 2006). UX (потребителското изживяване) се разглежда като комплекс от фактори. Стандартът ISO 9241-210 (ISO, 2018) дефинира UX като съвкупност от фактори и реакции на потребителя при използване или очаквано използване на система, продукт или услуга, без да дава конкретен списък за измерване.

1.4. Ефективност на уеб дизайна и навигационно-функционалните елементи

Терминът графичен потребителски интерфейс GUI (Graphical User Interface) е важна част в работата между потребител и програмния продукт – например уеб карта. Чрез него се обозначават места, обозначени от бутони (с конкретно разположение) за взаимодействие на потребителя с уеб портала е част от изследването. Авторът (Goldberg, 1999) отбелязват, че при оценката на даден интерфейс следва да се вземе предвид визуалната стратегия на потребителя. Те също така забелязват, че по-ефективният интерфейс води до по-малко поглеждания, докато по-малко ефективният интерфейс причинява повече. Освен това, те доказват, че по-високата ефективност е във взаимовръзка с по-кратко време на наблюдение, противно на случайно разположените елементи на интерфейса.

Изследвания на взаимодействията на потребителите с интерфейса са наскоро проведени (Golebiowska, 2020). Те доказват, че по време на изследването начинаещите потребители обръщат внимание на елементите, които обясняват как работят конкретните

инструменти. Освен това, се оказа, че потребителите много по-често използват взаимодействия с мишка, а не бутони, като например бутона за увеличение/намаляване.

В най-актуалната статия по темата за качество и ефективност на уеб картите е статията (Zejdlik & Vozenilek, 2025), които анализират картографските прилики и различия на осем широко използвани картографски уеб приложения. Тяхната оценка е фокусирана върху шест основни картографски аспекта: легенда, мащаб, оформление на картата, навигационни елементи, надписи и аналитични инструменти. Тъй като техният анализ е извършен единствено чрез качествен визуален сравнителен метод, ***този дисертационен труд стига по-далеч*** като провежда серия от емпирични **потребителски тестове, включвайки доброволни участници,** за да се оцени **ефективността на картографските решения в България.** В изследването и навигационна функционалност.

Настоящето изследване се разглеждат и няколко български геопортала и проектираните в тях уеб карти. Проверява се употребата на интерактивно-навигационни елементи и предпочитания вид взаимодействие - чрез бутони от менюта или компютърна. Обобщават се предпочитани елементи от картографския интерфейс.

1.4.1. Правила за дизайн на уеб карти

Дизайнът на уеб картите се основава на общи картографски правила, като избор на метод за картографиране и проектиране на картографски знаци, навигационно-функционален дизайн и други. В процеса на проектиране на уеб карта, се подготвя нейното оформление. За взаимодействия с нея потребителите използват бутони, които позволяват увеличаване, намаляване, преместване и по друг начин модифициране на визуализацията на картата.

1.4.3. Области на интерес (AOI)

Областите на интерес (AOI) са термин, които се използва в различни области, като например в компютърни науки, обработка на изображения, потребителски интерфейси и други. В зависимост от контекста, те може да има различни значения, но обикновено се отнася до определени части от дадената среда, която се счита за важна за анализ или наблюдение.

В полза на картографията е възможно да се използва анализ на области от интерес (AOI), където различни части на картата (легенда, мащаб, заглавие, координатна система, специфични феномени на картата и т.н.) се оценяват в контекста на потребителското взаимодействие. Резултати от тяхното прилагане и данни от следене на погледа или компютърното взаимодействие чрез кликвания с мишката, са полезни при научни експерименти, като за по-задълбочени анализи е необходимо статистически подход (Brychtova, 2012).

Пример за използване на концепцията на области на интерес в картографията е за изследване на обекти от картата - знаците. Това може да се приложи както за статичните карти, като се създават полигони върху знаците за по-лесна статистическа оценка, така и при динамичните карти. Някои автори споменават, че определянето на такива зони на интерес при карти с множество изгледи (напр. чрез приплъзване с мишката), отнема значимо дълго време. Предложен е подход от авторите (Holmqvist и съавт., 2011) за AOI

(Areas of interest) на динамични знакови системи върху движещи се карти, като идентифицирането на кликвания остава предизвикателство.

1.5. Типология на читатели на карти

Един от най-важните въпроси в картографския дизайн е адаптирането му и възприятието му към нуждите на потребителите. Темата е важна в областта на картографията, тъй като възприятията на различните групи читатели могат значително да влияят върху ефективността на картографските продукти.

Картографските продукти се произвеждат за различни целеви групи за различни цели и представят много различни теми, следователно подходите към визуализацията също се променят в много аспекти. За да се осигурят правилните цели на комуникацията на картата, трябва да се провежда потребителско тестване за идентифициране на проблеми, оценени по време на производството на картата (Popelka, 2019).

1.5.1. Различия между възрастови групи

Различните възрастови групи (деца, възрастни, стари хора) имат различни когнитивни способности и визуално възприятие. Например, по-възрастните хора може да имат нужда от по-голям шрифт или по-ярки цветове, докато младите хора могат по-лесно да интерпретират по-сложни визуализации. Цветовите предпочитания се променят с възрастта. Децата определено предпочитат топлите цветове: червен и жълт. Синият и кафявият са неутрални, а оранжевият, виолетовият и зеленият не са предпочитани цветове от децата. Хората от третата възраст предпочитат по-студените и спокойни цветове.

Към момента уеб картите в интернет предоставят възможност за достъпност до всякакви групи потребители. Затова при създаване на карти за онлайн среда е важно да се отчете, че учебни карти, по подразбиране насочени към деца, може да не бъдат подходящи за възрастни хора. Възрастните потребители имат нужда от по-ясен и едър шрифт и контрастни цветове, които улесняват четимостта, докато децата предпочитат атрактивен и забавен дизайн.

1.5.2. Междукултурни различия

Културните различия могат да повлияят на възприятието на цветове, знаци и дори стилове на визуализация. Някои култури имат специфични асоциации с цветове или знаци, които могат да променят начина, по който те разчитат карта.

Възприемането на картното съдържание, поднесено чрез картографски дизайнерски принципи, има междукултурни различия (Gartner, 2023). Резултатите от изследването показват, че съществуват междукултурни различия във възприятието на картографския дизайн при различни картографски стила са приложени върху същото картографско съдържание и данни.

Освен тези примери, съществуват и специфични културни особености, които влияят върху възприятието на картите. В източните култури (например Япония, Китай) посоките „ляво“ и „дясно“ имат особено значение, което може да промени възприятието на ориентацията на картата. Относно културното и цветово възприемане във Франция

жълтият цвят има културна асоциация с предателството, което би могло да предизвика негативни реакции при използване на този цвят в знаците и други елементи на карта.

1.5.3. Различия във цветовете възприемане

Цветовете играят ключова роля в картографската визуализация, като служат за различаване на обекти, подчертаване на важни елементи и улесняване на бързото възприемане на информация. Въпреки това, съществуват различия във възприемането на цветовете, което влияе върху тълкуването на картата. Например на топографските карти в САЩ, Канада, Англия масово се използват знаци в червен цвят. В други системи, например, Франция, Дания, Австралия той присъства често, а в знаковите системи на Нова Зеландия и Швейцария червеният цвят се използва епизодично за подчертаване на малки, но важни обекти.

Изследванията сочат, че синият, червеният и зеленият цвят са най-привлекателните цветове. Сред най-малко предпочитаните цветове са сив, кафяв, черен и в повечето случаи виолетов. Жълтият цвят е неутрален (Василев, 2012).

От заключенията на авторите (Stachoň & Šašinka, 2020) се разкрива, че само цветни знаци (без черно-белите) са сред дванадесетте най-бързо идентифицирани, а десет от най-бавно идентифицираните са черно-белите графични означения. По този начин се подкрепя с доказателствата за ***ефекта на „изпъкване“*** (pop-out).

1.5.4. Различия според картографското образование и опит

Картите могат да се четат по много различни начини. Картографите гледат на картите различно от останалите ползватели (Popelka & Dedkova, 2013). Потребителите с различно ниво на картографско образование имат различни способности да разчитат карти. По-опитните читатели може да могат да интерпретират по-сложни данни, докато начинаещите имат нужда от по-прости визуализации.

Картографският опит оказва влияние при различните картографски методи на визуализация (Popelka, 2014a). При карти, използващи изолиниите за представяне на релеф, информацията се възприема по-правилно от хора с картографско образование в сравнение с хора с друго образование. Резултатите на авторите (Brus и съавт., 2019) обаче показват, че картографите и непрофесионалистите използват и интерпретират знаците по сходен начин. Това предоставя информация за проектирането на знаци, които могат да бъдат разбрани и от двете групи.

Структурата на знаците, използването на различни визуални променливи, съставянето на знакови системи е обект на изследване в дисертационния труд, като се включват групи от участници с различно ниво на картографски опит – начален и напреднал.

1.6. Типове събиране мнения на потребители

Изследвания на мненията на потребителите са от съществено значение за разбирането на нуждите, очакванията и поведението на потребителите. Те помагат да се разбере как различни потребители интерпретират картното съдържание и картографските знаци. Може да включва анкети или интервюта, за да се събере

информация за това как хората възприемат определени знаци на картите и какви са техните асоциации. Сред видове изследвания на мненията на потребителите попадат:

- Анкетни карти – един от най-популярни онлайн средства за допитване до мнения или препоръки на обратна връзка от различни целеви групи. Онлайн анкетите могат да бъдат разпространявани чрез социални мрежи, имейли или уебсайтове, което осигурява достъп до разнообразни участници. Често те предлагат различни формати на въпроси - открити, затворени, рейтингови скали.
- Онлайн интервю – позволява на интервюиращия и участника да бъдат на различни местоположения, което е удобно за събиране на качествена информация.

Друг начин за събиране на мнения при изследвания е чрез интервю на живо. Тези интервюта се провеждат лице в лице и дават възможност за наблюдение на невербални знаци и задълбочени разговори.

ГЛАВА 2

Значение на знака и знаковите системи в уеб картографията

2.1. Същност на знака в картографията

Картографският знак е графичен знак (или група от графични знаци) който, чрез придаденото му значение и конкретно местоположение върху картата, има способността изобразява определен обект от реалността. В контекста на картографията, знаците имат ключова роля в предаването на пространствена информация, като позволяват на потребителите да разпознават и интерпретират обекти и терени на картата. Така всеки знак носи значима информация, която прави картата полезна, точна и лесна за разбиране.

2.2. Картосемиотика

Картосемиотиката анализира как графичните елементи предават информация за обекти и явления, като подпомага интерпретацията на пространствени данни. Картосемиотиката включва три основни раздела: ***картографска синтактика, картографска семантика*** и ***картографска прагматика*** (Берлянт, 2003).

Процесът на изграждане на значенията на картографските знаци чрез тяхната структура включва четири значения, започвайки от най-дребната единица - графични примитиви, завършвайки с добавянето на допълнителни значения чрез мета-знаците, които създават връзки и контекст на картата.

2.2.1. Видове знаци

Василев, 2012 твърди, че картографският знак е знак, който е поставен на определено място в полето на картата и мислено е свързан с конкретен обект от действителността. Дефиницията, която той дава определя картографският знак като визуално средство за комуникация, което чрез своето значение и местоположението си в полето на картата може да обозначава конкретен обект от реалността, съобразно общия контекст на картата и картографските кодове.

Графичните знаци, които се използват в картите, могат да се класифицират в три основни групи според външния им вид:

➢ Точкови/немащабни – използват се за обекти, локализирани в точки (напр. наблюдателни станции, бензиностанции, паметници на културата, заведения и др.). Размерите на тези знаци обикновено са значително по-големи от размерите от действителните обекти на местността. Точковите знаци често се представят чрез пиктограми, чиято цел е да насочват мисълта към изобразеното чрез знака. В някои случаи, на пиктограмата изобразява типичен представител на вида обекти. Нерядко се използва смислова връзка между пиктограмата и изобразяваните обекти например самолет за летище (Фиг. 2.1), котва за пристанища, дърво за горски пояс и други.



Фигура 2.1. Точков знак

➢ Линейни – използват се за изобразяване върху картата на линейни обекти (напр. реки, пътища, граници и др.). На Фиг. 2.2 е показан линее тип условен знак, с който се изобразява държавна граница. Освен вида на обекта и местоположение му този вид знаци показват и дължината и общата форма на обекта. Те са мащабни по дължина, но са немащабни по ширина. Линейните знаци могат да имат следните свойства: посока (такива са стрелките, някои от съставните линейни знаци, например, знака за стръмен откос и т.н.), дебелина (постоянна и променлива), структура, цвят, светлост и състав (в зависимост от изграждащите ги графични примитиви).



Фигура 2.2. Линеен знак

➢ Площни – използват се за изобразяване на обекти, които запазват върху картата своите размери, контури (напр. воден басейн, земеделски или горски масиви или други). Площните графични знаци представляват запълване по определен начин на областта върху картата, заета от съответния обект от местността. Картографският знак на Фиг. 2.3 се състои от два графични знака – линеен (контур) и площен (фон).



Фигура 2.3. Площен знак

2.3. Значение на картографските знаци

В картографията връзката между картографския знак и изобразявания чрез него обект се изразява в способността на знака не само да отпраща мисълта на читателя картата към обекта, но и да отразява определени характеристики и взаимовръзки на обекта (Василев, 2022).

2.4. Картографска комуникация

Картата е инструмент за комуникация със свой собствен знаков език. Картографската комуникация е процес на предаване на информация чрез карти, при който картографът (създателят на картата) кодира определено послание, а потребителят (ползвателят) на картата го декодира и интерпретира според своите нужди, знания и опит. Това включва взаимодействието между намерението на картографа и възприятието на потребителя, като се влияе от фактори като дизайн на картата, знаци, контекст и културни особености и други. Авторът (Petchenik, 1977) заявява, че за успешен пренос

на информация между картографа и читателя на картата, читателят трябва да разбира картата по същия начин, както е създадена от автора.

В своето изследване (Nivala и съавт., 2005) разглеждат ролята на знаците в уеб картите. Те подчертават, че за добрата комуникация при уеб картата трябва да се вземат предвид чувствата на потребителите, осигурявайки интерфейс и знаци, които са колкото се може по-прости и лесно разбираеми.

От изследванията може да се заключи необходимостта от включване на група ползватели на уеб картата, изслушване на тяхното мнение, записване на честата на взаимодействие и областите на интерес, да успешно създаване на картографски продукт.

2.5. Обективни и субективни фактори в картографията

Когнитивната картография е интердисциплинарна област, обединяваща психология, география, неврология, компютърни науки и дизайн, за да обясни как индивидите изграждат и използват „ментални карти“ на заобикалящата ги среда. Когнитивната картография има за цел да разкрие как потребителите четат отделните елементи на картата с цел подобряване на дизайна и използването на картите. Този клон на картографията се интересува от това как значението, придадено на тези елементи, варира между различни потребители. Когнитивната картография често използва интервюта, карти, виртуални симулации или технологии, за да изследва как хората представят пространството в съзнанието си.

Визуалното търсене е най-базовата когнитивна задача в картографията. То изисква активно възприемане, обработка и интерпретация на визуална информация, която е представена на картата. Този процес включва внимание, пространствено мислене и фокусиране, когато участникът трябва да идентифицира необходимата цел (Nelson, 1997). Визуалното търсене е в основата на практическата част от текущия дисертационен труд.

Тъй като картата се проектира, за да бъде визуално възприемана, субективният фактор при оценяването на знаковата система е много важен. Разликата между двата типа възприемане е цел на изследването. За осъществяването на тази задача е предвиден план за действие, който да изследва както обективността, така и субективността при работата и четенето на картен продукт. За отразяване на обективната нагласа на ползвателите на картата могат да се приложат техники за събиране и анализ на поведението им. В уеб картографията системи за следене на погледа, записване на кликванията на мишката, са чрез главните средства, които могат в дълбока детайлност да отразят реалната (обективна) нагласа, предизвикана от структурата и дизайна на уеб карта. От друга страна субективността мога да се отрази чрез анкетни проучвания на потребителите, споделяйки чувствата и мнението си за тествания картографски продукт.

2.6. Картографска визуализация

Картографската визуализация предлага множество методи за представяне на географски данни. Под **картографски метод** се разбира **стандартизиран начин за визуализация на пространствени данни**, получен благодарение на комбинацията от графични променливи за съответните геометрични примитиви (точки, линии, площи). Тези методи се различават по способността си да визуализират определени типове данни,

нивото на детайлност, което предоставят, и броя на променливите, които едновременно изобразяват. Авторите (M. Kraak & Ormeling, 2010) твърдят, че при използването на картографските методи трябва се взема предвид не само мащабът на изобразяване на данните, но и географското им разпространение.

Комбинацията от съвременни тенденции в когнитивната картография и знания за методите на картографска визуализация може да бъде много добра основа за изследвания, които могат да доведат до подобряване на картографското производство. Тази тенденция също се подкрепя от дейностите на Международната картографска асоциация под формата на експертни комитети за потребителски въпроси и когнитивна визуализация (Popelka, 2014b).

Всеки тип визуализация може да се очаква да предизвика различна когнитивна и възприемчива натовареност на потребителя. Някои визуални елементи, могат да бъдат открити с един поглед и по този начин да служат като централни компоненти на визуализацията.

2.6.1. Визуални променливи (статични)

Визуалните променливи (форма, размер, цвят светлост, текстура и ориентация) са характеристики на графичните примитиви, изграждащи знаците (Фиг. 2.4). Когато знакът се състои само от един примитив, той наследява неговите визуални променливи. Ако всички примитиви, изграждащи даден знак, имат еднаква стойност на някоя визуална променлива, то знакът я наследява автоматично. Това правило най-често се отнася за цвета на знаците, защото на картите повечето знаци са само в един цвят. Възможно е знакът да получи и други визуални променливи от графичните си примитиви, например, завъртане, светлост и т.н.

Картографът, който разработва системата е французинът Бертен (Bertin) (Bertin, 1960) през 1960-те години. В своята книга *„Семиология на графиките: Диаграми, мрежи, карти“ (1967/2010)*, дефинира следните графични променливи:



Фигура 2.4. Статични визуални променливи. Източник: (Bertin, 1983)

По-късно към визуални променливи на Бертен са добавени ***насищане*** и ***прозрачност***. Комбинирането на различни графични променливи позволява да бъдат конструирани условни знаци, които да бъдат контрастни, ясно различими и асоциативни. Едно от основните предизвикателства при съставянето на карти е изборът на подходящи графични променливи при конструирането на условните знаци, за да бъдат знаците бързо и лесно възприемани и да бъдат правилно отнасяни към съответните им категории.

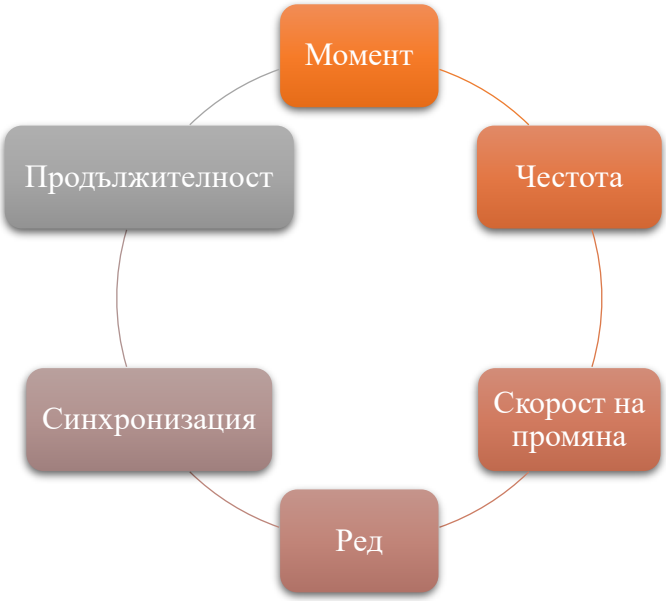
Авторите (Korycka-Skorupa & Golebiowska, 2021) правят емпирично изследване, с което сравняват три решения при картографиране на четири променливи. Анализират показатели за използваемост: време за отговор, точност на отговорите и данни от проследяване на очите. Резултатите показват, че по-опитните ползватели използват картите с подобни резултати по отношение на време за отговор и точност в сравнение с по-малко опитните ползватели. Сравнението на времетраенето на поглеждания върху картата и върху легендата предостави подобни резултати (Šašinka и съавт., 2021).

2.6.2. Динамичните визуални променливи

С течение на годините системата от визуални променливи се разширява и допълва, във връзка с дигитализацията на картографията и възникването на динамични възможности за картографска визуализация. Така са включени допълнителни статични и динамични променливи.

Динамичните визуални променливи в картографските анимации са специфични елементи, които предават информация чрез промени във времето, за разлика от статичните визуални променливи, които предават информация чрез неподвижни визуални свойства като цвят или форма. Авторът (Blok, 1998) вярва, че динамичните променливи могат да се използват като *инструменти за дизайн* за мониторинг на промените в географски обекти във времето и да помогнат на специалистите да открият нови закономерности.

Софтуерни възможности дават голяма свобода за картографиране и създаване на **а**нимирани и динамични карти, често включващи непрекъснато променящи се знаци, които използват **динамични променливи** в допълнение към тези, използвани за визуализация при статични карти. Авторите (DiBiase и съавт., 1992) идентифицира три основни динамични променливи за анимирани карти - *продължителност, ред и скорост на промяна*, към които авторът (A. M. MacEachren, 1995) добавя още три: *момент на показване, честота и синхронизация* (Фиг. 2.5). Оттогава различни учени добавят и разширяват броя на динамичните променливи, свързани с картографиране на динамични процеси във времето например (Kinkeldey & Schiewe, 2018).



Фигура 2.5. Динамични визуални променливи. Източник: (A. M. MacEachren, 1995)

Статичните променливи помагат за създаване на визуална йерархия и избор, която насочва вниманието на потребителя към най-важните елементи, докато динамичните променливи добавят измерение на времевите и пространствени промени. Подходящият избор на променлива е важно условие за доброто картографско оформление.

2.7. Ефективност на картографската знакова система

Различни автори предлагат редица от определения за знаковата система. Според (Василев, 2012), знаковата система може да бъде дефинирана като съвкупност от графични символи и техните значения, с правила за създаване и използване на знаците, приложими върху конкретна карта. Картите използват знакова система, изградена предимно от графични символи, които имат три основни компонента: ***обект***, ***знаково средство*** и ***значение***. Освен графични знаци, системата може да включва и снимки, текстови елементи, съкращения, цветове и други визуални компоненти.

За оценка на ефективността от приложена знакова система се използва най-важният критерий ***четимост***. Той се определя като лекотата и скоростта, с която се възприемат знаците. Читаемостта на знака се определя от три основни параметъра на физиологичните възможности (Бандрова, 2001).

- Острота на зрението – способността да се различават най-малките детайли на дадено изображение. Определя се от праг, под който картографският знак няма да може да се различава.
- Праг на контрастна чувствителност – различието между знака и фона. Този праг е равен на 2% за нормалното зрение. Тази величина е от особено значение при проектирането на картографски знаци, която се отразява върху видимостта (Формула №1).

$$V = \frac{\Delta B}{B}, \qquad (1)$$

където: V – праг на контрастна чувствителност или контрастната видимост;

ΔB – различие между яркостта на обекта и фона;

B – яркост на фона.

- Видимост – размерите на знака трябва да бъдат по-големи от определени прагове, за да бъде той разпознат. Този праг се определя от разстоянието, от което се наблюдава знака и визуалния ъгъл

Следващи критерии за оценка на ефективност за една картографско произведение са ***нагледност и яснота***. Нагледността се дефинира като възможност за зрително възприемане на пространствена информация от знака. Процесът на зрителното формиране на образа, който е изобразен в картата чрез условен знак се състои от три фактора: *физични* – достигане на образа до зрителната система на човека; *физиологични* – изпращане на сигнали от зрителната система до мозъка на човека и *психологични* – интерпретиране на получените сигнали. Визуалната яснота от друга страна е способността на знака да наподобява своя обект.

Различимост между знаците е друг критерии за оценка на ефективност. С него се гарантира сигурност при разпознаване и различаване на знаците един от друг, както и диференциране на отделните значещи елементи в самия знак. Тези характеристики са специфични за различните знаци в знаковите системи и се изразяват в установяване на минимални или оптимални стойности, които позволяват възприемането им и тяхното разграничаване. Разстояние между елементи на знака при зрителен ъгъл от 1.5’ се приема за достатъчен при възприемане на два графични обекта като самостоятелни (Василев, 2022).

В заключение, ефективността на картографските знакови системи зависи от внимателното балансиране на различни критерии като четимост, нагледност, яснота и различимост. Четимостта осигурява лесното възприемане на знаците, докато нагледността и яснотата гарантират, че информацията е интерпретирана правилно. Различимостта пък позволява сигурно разпознаване на различните знаци. За постигането на максимална ефективност е необходимо да се обърне внимание и на естетическите качества на знаците, като използване на хармонични цветове и опростени геометрични форми, които улесняват бързото възприемане. Съчетаването на знаците с количеството информация, която трябва да се представи, е от съществена важност особено в контекста на тематичните карти, където се изобразяват важни обекти на съдържанието.

ГЛАВА 3

Системите за проследяване на погледа в картографията

3.1. Въведение в системите за следене на погледа

Технологията за проследяване на погледа е един от най-иновативните и широко разпространени методи в областта на взаимодействието между човек и компютър (Human–computer interaction). Тя принадлежи към групата на методите за оценка, наречени изследвания на използваемостта (Usability Studies).

Основната функция на тази технология е базирана на устройство, което проследява движението на зеницата, за да идентифицира насочеността на погледа на потребителя основно върху дисплеи. Проследяването на погледа позволява детайлно разбиране на начина, по който потребителите възприемат визуална информация.

В момента устройствата за проследяване на очите стават все по-евтини, което ги прави достъпен ресурс за изследвания. В контекста на картографията тези технологии могат да бъдат използвани за анализ на потребителското поведение при взаимодействие с геопространствени данни, както и за подобряване на визуализацията на картографските продукти. Настоящото изследване ще разгледа класификацията на съществуващите системи за следене на поглед като ще обърне внимание на техните приложения в областта на картографията.

3.3. Системи за следене на погледа в картографията

Проследяването на погледа е един от най-точните и красноречиви методи за изучаване на поведението на очите, което се проявява по време на четене на карти, тъй като предоставя обективно измерване на визуалните стратегии, използвани от читателите на карти. С помощта на проследяване на погледа е възможно да се събере информация, която е недостъпна с други техники, особено когато информацията за поведението на хората при решаване на задачи е трудна за наблюдение с други методи. Движението на очите, според (A. H. Çöltekin, 2009) предоставя прозрения, които могат да подобрят разбирането на начина, по който хората взаимодействат с интерактивни картографски интерфейси.

Картите като визуални стимули се променят от началото на изследванията на движенията на очите в картографията, преминавайки от статични към динамични дисплеи. По-нови проучвания, използващи проследяване на погледа в картографията, са фокусирани върху оценката на картографските принципи, интерактивни карти, дисплеи с множество малки карти, графични данни, разликите между експерти и новаци, картова несигурност, триизмерни визуализация на карти и цветови схеми.

3.4. Системите за проследяване на погледа с ниска стойност

Системите за проследяване на погледа с ниска стойност използват технологии за мониторинг и анализ на движенията на очите, които са достъпни и на по-ниска цена, но предлагат ограничена точност и функционалности в сравнение с по-скъпите професионални системи. Те могат да се използват в разнообразни области.

Нискобюджетните тракери за очи не разполагат с пълен комплект оборудване около тях (лаптоп, софтуерни пакети за настройка и провеждане на експериментите), което ги прави по-податливи на грешки в тяхната употреба, водещи до резултати с по-ниско качество.

Съществуват и ръчно направени в домашни условия устройства за проследяване на погледа. Те могат да бъдат построени от евтини компоненти, които лесно могат да бъдат закупени. Модулът за улавяне се състои от модифицирана камера и IR LED.

3.5. Системите за проследяване на погледа с висока стойност

Когато точността и прецизността на системите на проследяване на погледа с ниска стойност са прекалено ниски и недостатъчно е подходящо да бъдат заменени с

устройства за проследяване на очите с висока стойност. Те са значително по-подходящи за висококачествени изследвания.

Системите с висока стойност на проследяване, които обикновено надвишават 300 Hz и могат да достигнат до 1000 Hz или повече, предлагат значително предимство по отношение на детайлността и прецизността на събраните данни. Тези системи могат да улавят по-фини движения на очите, които са от критична важност при научни изследвания, изискващи висока точност.

3.6. Оптични системи

Оптични системи за проследяване на движението на очите могат да бъдат изградени с различни технологични подходи, в зависимост от изискванията на конкретното изследване или приложение. Те могат да бъдат настроени да записват монокуларно (само с едно око) или бинокуларно (с две очи) движение на погледа, като изборът между тези два метода зависи от точността и детайлността, които са необходими. Монокуларните системи са по-прости и по-евтини, докато бинокуларните предлагат по-висока прецизност при измерване на пространствените движения на очите.

3.7. Софтуер за изследване на погледа

Софтуерът за изследване на погледа се използва за проследяване на движенията на очите и изследване на начина, по който хората възприемат визуална информация. Тези технологии намират широко приложение и в картографията. Редица изследователи са разработили няколко инструмента, методи и алгоритми, сред които са:

- Анализ на данни от проследяване на погледа ET2Spatial.
- Анализ на подравняване на последователности EyeMSA.
- Анализ и сравнение на пътеките на погледа (scanpaths) ScanGraph.
- Анализ на данни от проследяване на очите EyeMMV.

3.8. Хардуер за изследване на погледа

Хардуерите за следене на погледа намират широко приложение в различни области, като една от най-активните сфери е картографията, където се използват за анализ на визуалното възприемане на географски карти и навигационни системи. Чрез проследяване на погледа може да се изследва кои елементи на картите привличат най-много внимание, как потребителите интерпретират пространствената информация и какви подобрения могат да бъдат направени за по-ефективно представяне на данните.

3.9. Точност и прецизност

Точността и интензивността на системата за проследяване на погледа са едни от основните класификационни аспекти, които зависят главно от метода и устройството за проследяване на очите, които се използват. Точността се измерва чрез разстоянието между записаните фиксационни позиции и реалната позиция на погледа. Разстоянието, образувано между двете позиции се нарича отклонение.

Прецизността се представя чрез стандартното отклонение на тези измервания. Тя се отнася до способността на устройството надеждно да възпроизвежда позиции на погледа в пространството. Възможно е да се оценява и времевата прецизност на уреда за проследяване на очите (скорост на проби). Правилното настройване и избор на софтуер

за запис и обработка на данните са от съществено значение за получаване на добри резултати. Качеството на данните се формира именно от точността и прецизността. Само чрез тях записаните данни може да се считат за сравними.

Точността на системите за проследяване на погледа е критична за качеството на данните, особено в научни и картографски изследвания. Изборът на система с необходимата точност зависи от конкретните цели на изследването.

В контекста на проследяване на погледа сакада (от френския глагол saccader) и фиксация се основни измервателни термина. Сакадата, термин въведен от френски офталмолог Émile Javal в края на 19-ти век, е бързо, рязко движение на очите, при което погледът се пренасочва от една точка към друга. Това движение е неволево и служи за преместване на вниманието между различни обекти или зони в зрителното поле. Фиксацията е моментът, когато очите се спират и задържат фокуса си върху конкретен обект или точка за определен период от време. По време на фиксация визуалната информация се обработва и интерпретира от мозъка.

Сакадите и фиксациите са основни характеристики на движението на очите, които могат да бъдат идентифицирани с помощта на алгоритми за предварителна обработка и анализ на данните. Алгоритъмът на разсейване от една страна включва оценка на фиксациите и сакадите се разпространяват по екрана, а от друга в контекста на *Heatmaps* (топлинни карти), алгоритъмът се използва за визуализиране на концентрацията на погледа върху различни области от картата или интерфейса.

3.10. Оптимални настройки за картографски цели

Картографските изображения често съдържат голямо количество малки и подробни елементи, като немащабни знаци, линии и текст. По-нисък праг за продължителност (например 80 ms) и праг за разсейване от 50 пиксела позволяват откриване на кратки и малки фиксации, което е полезно при анализа на вниманието върху дребни детайли.

При картографски изследвания, където се наблюдава как потребителите търсят или интерпретират различни елементи върху картите се нуждаят от гъвкави настройки. Например необходимо е по-голямо улавят и по-кратки фиксации, които могат да дадат по-добра представа за това как вниманието на потребителя се движи върху картата и какви елементи привличат интереса му.

При оценката на система за проследяване на очите е от значение качеството на (суровите) данни, които се произвеждат от нея. Към момента все още няма стандарти относно това какво трябва да се отчита, тъй като някои свойства зависят основно от задачата, която трябва да бъде изпълнена.

Осветлението и други характеристики на околната среда имат важна роля за качеството на данните. Прекалено яркото осветление или отблясъци могат да повлияят на способността на системата да регистрира движенията на очите правилно. Също така, движещи се обекти в периферното зрение на участника или промени в осветеността могат да внесат шум в данните, което затруднява анализа.

ГЛАВА 4

Съставяне на класификационна схема на методите на изследване за качество на уеб карти

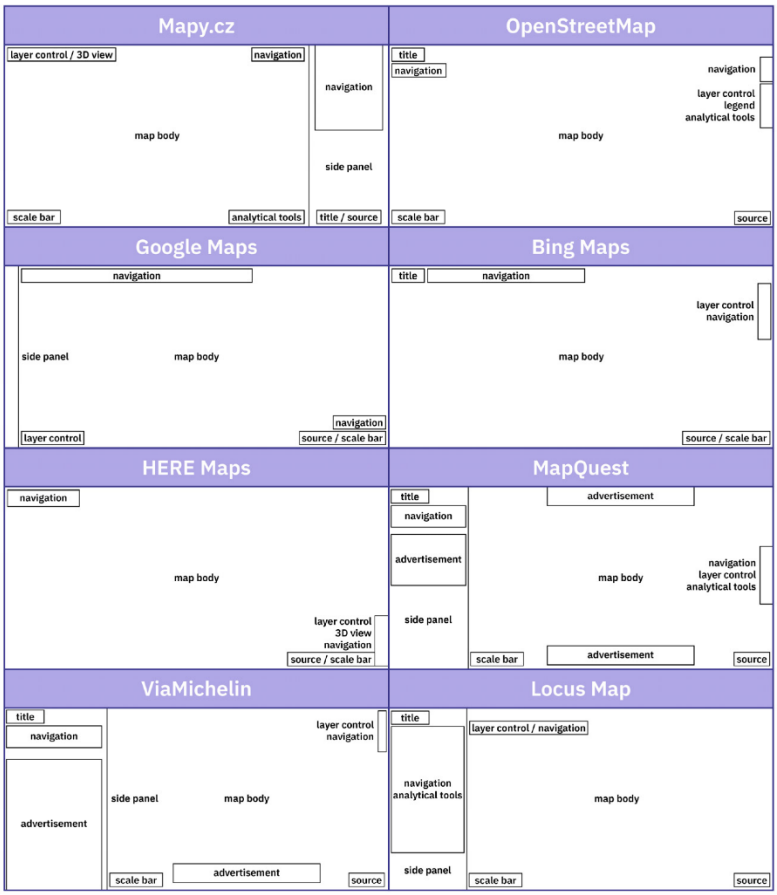
4.1. Изследване за ефективност на уеб карта и нейните картографски знаци

За изследване на качеството на уеб картите и тяхното ефективно съдържание се предлага класификация на методи за оценка. [Принос 1]

4.2. Методи за оценка на съдържанието

В текущата дисертация под съдържание няма да се има предвид това стандартно разбиране, описано горе, а по-скоро какво съдържа една уеб карта извън картното поле – мащаб, координатна система, проекция, легенда и други. Стандартното съдържание в уеб картографията е част от слоеве с информация. Това е една от останалите извънкартни елементи със съдържание. Препоръчва се уеб картата да предлага информация за слоевете – метаданни. Необходимо е да се изследва и анализа дали съществува тази информация в една уеб карта, ако не то да се включи, тъй като е от съществено значение за ефективността на уеб съдържанието. Метода за оценка за съдържанието предлага преглед на метаданните на слоеве, които за дават информация за: актуалност на данните, честота на обновяване, начин на получаване, кратко и ясно описание какво демонстрира всеки от слоевете, източник на данните (ако е необходимо цитиране или лиценз) и други.

Методите за оценка на съдържанието включват анализ на местоположението на интерактивните елементи, инструментите за търсене, мащаба, координатната проекция и други. Местоположението на елементите от извънкартното съдържание трябва да са удобни да откриване, лесни за работа и не разсейващи, когато тяхната употреба не е необходима. За търсене на балансът между тези условия, могат да се разгледат лидерите на приложения с уеб карти в света. Най-скорошно изследване в областта на дизайна на извънкартното уеб съдържание при уеб картите и геопорталите правят (Zejdlik & Vozenilek, 2025). Авторите сравняват оформлението на картографски приложения при първоначално зареждане на страницата (Фиг. 4.1).



Фигура 4.1. Схематично представяне на оформлението на картата на осем уеб приложения за карти.

Във всички приложения е доминираща картата, като заема почти целия екран. Някои от приложенията имат активирана странична лента при първоначално зареждане, която може да бъде скрита. Мащабът винаги се намира в долния ляв или десен ъгъл и се променя динамично (размер, етикети, мерни единици) в зависимост от нивото на мащабиране. Източникът и допълнителната информация се намират в долния десен ъгъл на всички приложения. Навигационните елементи винаги са разделени в лента за търсене и бутони за мащабиране с показване на текущо местоположение. В повечето случаи, управлението на слоевете също се намира близо до тези бутони. Изключение прави Google Map, където управлението на слоевете е отделено от навигационните елементи.

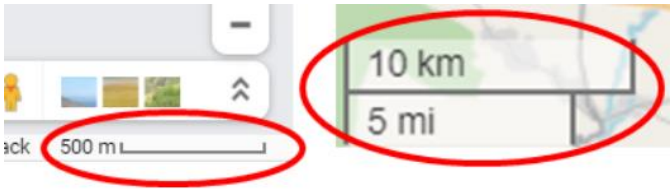
Навигационните елементи обикновено са ленти за търсене, бутони за мащабиране или бутони за показване на текущото местоположение на потребителя. Размерът и обхватът на приложенията могат лесно да се управляват с мишката чрез местене (задържане на левия бутон на мишката и движение на мишката) и мащабиране (колелцето на мишката). Всички приложения също така позволяват мащабиране с помощта на бутони: плюс (+) и минус (−). Някои карти съдържат компас (стрелка на север), а други завъртане картата (Bing).

Инструментът за търсене присъства във всяко от горните приложения и е разположена отляво. Освен това този инструмент включва автоматично довършване на текста (предложенията за търсене се появяват се въвеждане на първите букви). Google Map и други предоставят бутони за търсене по категории (напр. ресторанти, настаняване,

магазини, съвети за пътувания, музеи, обществен транспорт), които ще показват зони на интерес от избраните категории.

4.2.1. Детайлността на информацията

Детайлността на информацията оценява се дали знаците са достатъчни, ясни и видими за конкретната цел. Детайлността се представя чрез използването на различни мащаби. Картографският мащаб е отношението между дължината на линия на картата към дължината на хоризонталната проекция на съответната линия върху земната повърхност. Мащабът на картата може да бъде изобразен: като ***числен*** – напр. 1: 50 000, където числителят 1 показва, че на 1 cm от картата съответстват 50 000 cm от действителността; като ***линеен*** – чрез използване на мащабна линия за указване на разстояние от картата (Фиг. 4.2); като ***словесен*** – чрез изречение, напр. *„На един сантиметър от картата съответстват 50 км от действителността.“* и като ***напречен*** (наричан още трансверзален) – използван в специализирани карти за по-точно извършване на измервания.



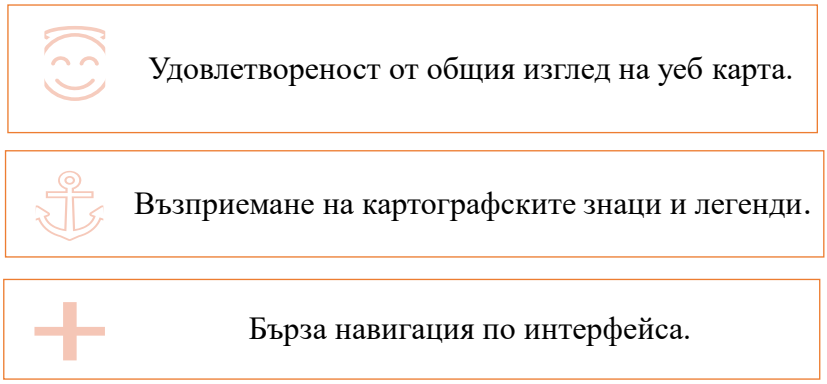
Фигура 4.2. Линеен мащаб в Google Maps (вляво) и OpenStreetMap (вдясно).

Изборът на ниво на детайлност за изобразяване на географски данни е ключово решение още при съставяне на уеб картата. Видът на изобразяваните данни, техният обхват и разпространение влияят на скоростта за визуализиране на данните в уеб среда. Това ограничение трябва да се взима предвид при планиране на нивата на детайлност (приближаването). Методът за визуализация на географски данни също трябва се взема предвид, а не само мащабът на изобразяване на данните (M. Kraak & Ormeling, 2010).

Генерализацията също е картографски способ за осигуряване на четимост и нагледност на елементите от съдържанието на картата. Чрез нея се избягва струпване на излишна информация, давайки се приоритет на важните елементи според тематиката и мащаба на картата. За всеки елемент от съдържанието на картата и за всяка група от обекти и явления, които се изобразяват, се дават указания за степента на подробност, с която да бъдат представени. Установяват се ценз и норма на подбор на елементите от съдържанието.

4.3. Методи за анализ на използваемостта и потребителското преживяване

Оценката на използваемостта е процес на анализ и измерване на качеството на взаимодействие между потребителя и дадена система, продукт или услуга. Тя се фокусира върху това как ефикасно и удовлетворително потребителите могат да изпълняват определени задачи (Фиг. 4.3).



Фигура 4.3. Качествени оценки за използваемост на уеб карта.

Субективното мнение на потребителите е водещ фактор за идентифициране на картографското качество. Предлага се използването от някой от подходите (тестове за използваемост, *сравнение на* две версии на уеб картата, анализ на поведението), които често се използват за оценка на уеб карти. Те оценяват удобството на ползване от работата с уеб карта. Традиционните практически подходи могат да се разгледат в следните посоки. Топлинните карти (HeatMaps) са най-използваният инструмент за визуализиране на количествени характеристики. Те визуализират кои области на уеб картата, върху които потребителите се концентрират.

4.4. Технологични и функционални методи

Интерактивните функции на всяка уеб карта играят ключова роля за потребителското изживяване. Основните аспекти за анализ включват мащабирането, търсенето и филтрирането. *Мащабирането* позволява на потребителите да се придвижват между различни нива на детайлност, което е особено полезно при работа с карти с висока резолюция или сложни картографски данни. Ефективното мащабиране трябва да е гладко и без прекъсвания, като осигурява бърза ориентация на потребителя.

Търсенето е друга основна функция, която трябва да предлага интуитивен интерфейс за въвеждане на ключови думи, разпознаване на адреси и автоматично допълване на термини. Добре изработеното търсене е не само бързо, но и предлага точни резултати.

Филтрирането е важно за навигация и сортиране на данни, като предоставя възможност за показване само на релевантна информация. Например, при картографиране на недвижими имоти, филтрите могат да се използват за сортиране по цена, локация или тип на имота. Оценката на тези функции трябва да се фокусира върху тяхната точност, потребителска интуитивност и безотказност.

Панорамирането (Panning) (Marinova & Bandrova, 2023) е от съществено значение за навигацията върху картата. Тази функция позволява плавно придвижване в различни посоки без прекъсвания, което е важно при разглеждане на широко разпространени данни и зони. Добре реализираното преместване на изображението по екрана включва поддръжка за мишка, тъч интерфейси и клавишни комбинации, като предоставя лесно боравене на всички типове устройства.

Технологичните и функционални характеристики директно влияят върху използваемостта на картата, като поддържането на баланс между двете води до оптимална ефективност. Изследването на техническите аспекти и възможностите за взаимодействие с уеб карта предлага да включва:

- ✓ Оценка на *интерактивни функции*;
- ✓ Техническа производителност;
- ✓ Съвместимост с различни устройства и браузъри.

Анализът на използваемостта и ефективността на уеб картите спрямо техните технологични и функционални характеристики е от решаващо значение за създаване на интуитивен и ефективен инструмент за потребителите. Същевременно, технологичните и функционални аспекти определят доколко картата е надеждна, адаптивна и способна да поддържа разнообразни функции при различни условия на натоварване и устройства.

Функционалността обхваща интерактивните възможности и способността на уеб картата да предлага различни функции и инструменти. Важен и потребителски приятен аспект на функционалността включва *персонализация и настройване*. Възможността за персонализиране на изгледа подобрява ефективността на картата за конкретни нужди. По същия начин чрез метрики за поведение на потребителите може да се анализа честотата на ползване на различни функции и да се създаде зона с любимите потребителски.

4.5. Визуално-картографски методи

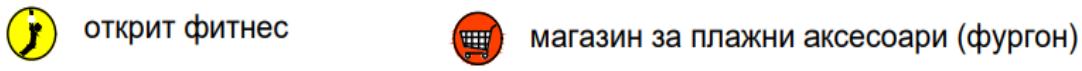
Тази категория включва методи, които анализират визуалния дизайн и естетиката на уеб картите: *анализ на знаковата система* – оценява се яснотата и четливостта на картографските знаци и цветовите схеми, *анализ на представянето на данни* – използване на различен метод за визуализация на представените данни и *естетически анализ* - естетическата оценка включва субективни преценки на привлекателността на уеб картата.

4.5.1. Анализ на знаковата система

Както вече се спомена в Глава II за оценка на ефективността на знакова система се използва критерият ***четимост***. Той се определя от лекотата и скоростта, с която се възприемат знаците и се определя от три параметъра: *острота на зрението, праг на контрастна чувствителност* и *видимост.*

За да се предположи скоростта на четене на картографските знаци е нужно да се анализира приложената върху тях артикулация. Артикулация е разделянето на знаците на техните означаващи съставни части. Артикулация в дълбочина в семиотиката се разглеждат три нива на артикулация на знаците в дълбочина: знак без артикулация (знак, който не може да се разчленява на по-прости единици; червено кръгче), знак с единична артикулация (знак, съставен са от повече от един елемент, но съставните му части не притежават самостоятелно значение) или знак с двойна артикулация. Знаците с двойна артикулация съдържат в себе си знаци с единична или с двойна артикулация. На Фиг. 4.4 е показан пример за използване на знаци с двойна артикулация при къмпингуване: цветът на знака показва неговата функция (жълтите знаци са за спортни атракции и забавления,

а червените – обществено обслужване), докато фигурата носи съдържанието на конкретните дейности, които са изпълняват.



Фигура 4.4. Знаци с двойна артикулация.

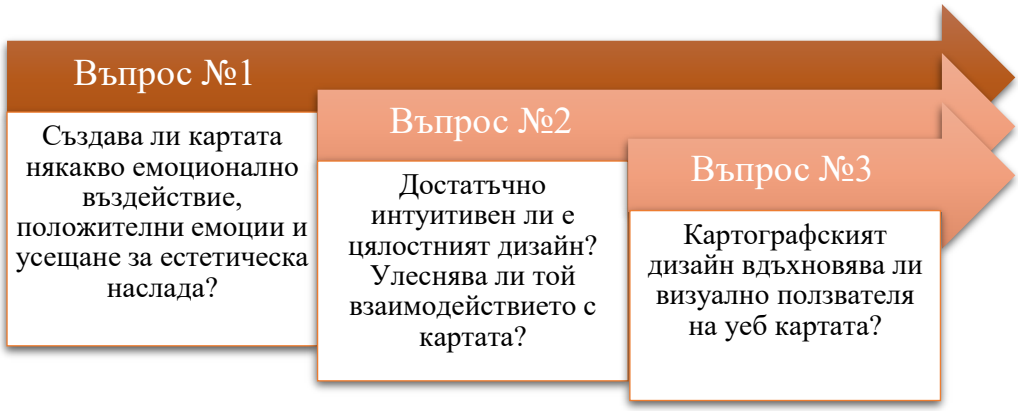
Уеб карти, които използват знаци с двойна артикулация има дава редица предимства, сред които:

- ✓ Намалява се общият брой на означенията върху картата;
- ✓ Позволява картата да се използва както от неспециалисти, така и от специалисти;
- ✓ Позволява картата да се чете ‘на слоеве’.

4.5.3. Естетически анализ

Визуална привлекателност предоставя набор от подходи, които трябва да се оценят при създаването на уеб карта. Светлите тонове се считат за ведри, спокойни, а тъмните - за носещи по-голямо напрежение и заряд. За целта е трябва да се използват, както подходящи, така и съвместими цветове. Ефективността на контраста е подход, с който ясно се разграничават на различните елементи на картата. Търсеният баланс между визуалната сложност (разнородни графични променливи, закодирани в картографския знак) и опростеност (степента на закодираната информация в знака), чистото и подредено извънкартово съдържание обособяват естетическото оформление.

Предлага се въвеждането на три въпроса към картографа преди да реализира своя уеб продукта до широката аудитория (Фиг. 4.5).



Фигура 4.5. Финални въпроси към картографския продукт.

Връщайки се отново на въпроса за адаптивността към различни устройства, задължение е на картографа да отчете дали се запазва естетическата привлекателност на различни размери и резолюции на екрана. Например, когато се преминава към мобилни устройства дизайнът на уеб картата трябва да бъде адаптиран без да се загуби визуалното му въздействие. Хармоничността от интегрирана функционалност и свързаност на

различните визуални компоненти по начин, който създава усещане за единност, формират цялостната картографска композиция.

4.6. Допълнителни методи

Сигурността и поверителността на данните, обработвани от уеб карта (ако такива се събират), указват значение при разработката и поддръжката на подобни платформи. При създаването на уеб карта, методите за тестване на сигурността и надеждността на картата по отношение могат да се разгледат като:

- Оценка на сигурността на уеб карта - това включва проверка на мерките за защита срещу неоторизиран достъп и предотвратяване на изтичане на данни. Шифроването и защита на данните се осигурява чрез използване на HTTPS протокол за уеб адреса на картата. Това е важно за карти, които изискват автентикация или събират лична информация.
- Поверителност на данните – това включва анализ на обработката на лични данни и спазване на изискванията за поверителност. Анализът на обработката на лични данни (ако такива се събират от уеб картата), които са необходими за функционирането ѝ дали съответстват с приложимите регулаторни изисквания като GDPR.

Чрез тези методи се постига сигурна и надеждна работа на уеб картата, съобразена с нуждите на потребителите и изискванията за защита на личните данни.

ГЛАВА 5

Анализ на ефективността спрямо структурата на картографските знаци

5.1. Обосновка за експеримента

Графичните визуални променливи представляват основни елементи, използвани за визуално предаване на информация в графични и визуални средства каквито са карти. Тези променливи както категории като *цвят, големина, форма, ориентация, текстура и светлота*. Всяка от тях играе специфична роля в това как информацията се възприема, структурира и интерпретира от читателя на карта. Например цветът и формата са ефективни за категоризация и сравнение. Знаковата система от своя страна включва знаците, използвани за представяне на информация.

Изследването на визуалните променливи е от ключово значение за разбирането и усъвършенстването на визуализациите. То обединява различни дисциплини като графичен дизайн, картография, психология на възприятието и компютърни науки. Основната цел е създаването на визуализации, които не само изглеждат естетически привлекателни, но и осигуряват инструментариум за проектиране на картографски знаци, които подобряват разбирането, подпомагат вземането на решения и минимизират когнитивното натоварване***. Създадените тестови задачи разглеждат основните аспекти на графичните визуални променливи и тяхното приложение в съвременния контекст. Допълнително се изследва има ли зависимост между доминантността***

на някои визуалните променливи – например между цвят и размер и дали пространственото разположение на знаците влияе върху първичното възприятие. [Принос 5]

Основният фокус е настоящото изследване е оценка на потребителския аспект по отношение на създадена уеб карта, чрез „прихващане“ на потребителските кликове и времетраенето между тях, като се наблюдава нивото на потребителското взаимодействие.

През последните години теоретичните изследвания в картографията бележат значителен напредък, основно благодарение на технологичното развитие в усъвършенстване на традиционните методологични подходи. Сред тях са методите за проследяване потребителското поведение, които може да предоставят дълбоки прозрения в процеса на четене на карти, особено при прости задачи.

Визуалното търсене е една от основните задачи, с които потребителите се сблъскват при работа с картографски знаци и знакови системи. Основният метод, който използва настоящето изследване, е анализ върху работа с картографските знаци – чрез избор и оценка на техническите характеристики. За изследването е проектиран набор от картографски немащабни знаци, състоящи се от графични променливи и няколко комбинации от тях.

Разработените комбинации от визуални променливи са използвани за конкретно проектирана уеб карта, тествана от доброволни участници - използващи традиционно кликване върху правилен картографски знак с компютърна мишка. От една страна е изследвано влиянието на броя графични променливи, чрез които градиентно се закодира информация в знака, а от друга - относителната позиция на точковия знак в полето на картата за задачи за визуално търсене.

Основната цел е да се установи кои графични променливи и техните комбинации ще подобрят бързината и точността, с които потребителите могат да четат и интерпретират картографски данни.

5.2. Ключови въпроси и хипотези към изследването

По време на съставянето на тестовете и уеб картата са формулирани няколко хипотези, чиято проверка и анализ са в центъра на настоящото изследване. Сред ключовите изследователски въпроси са:

- Дали комбинацията от четири визуални променливи двойно увеличава времето за реакция при картографската задача за визуално търсене в сравнение с комбинацията от две визуални променливи?
- Оказват ли централните позиции на знаците предимство при задачата за категоризиране на знаци според дадено условие?
- Коя визуална променлива размер или цвят е най-забележимата при комбинирана задача с двете променливи заедно?
- Ще отчете ли визуалната променливи за ориентация най-дълго време за реакция и най-много грешки отговори с най-ниско субективно мнение?
- Ще отчете ли визуалната променлива за цвят най-малко време?

- Според субективното мнение на участниците (студенти) най-трудна ли е задачата за картографско търсене при знак с най-голямо натоварване в значението на знака (с четири променливи)?
- Задачите с единствена визуална променлива безгрешно ли са определени?

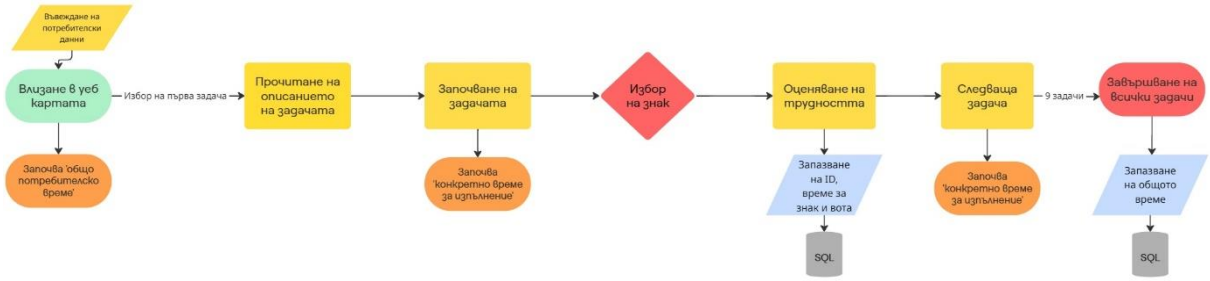
5.2. Цел на задачите

Целта на изследването е детайлно проучване на задачата за визуално търсене, изпълнявана върху проектирания набор от точкови (немащабни) знаци. Емпиричното изследване се състои от картографски задачи с комбинация от няколко променливи. В анализира са използвани следните ключово/най-важни/съществени показатели: *време за отговор (време за реакция?), точност на отговорите*, както и *субективна оценка на трудността на задачата*. В Приложение № 5.1 се представени условията на задачи.

Първите осем задачи изследват как класическите картографски променливи взаимодействат за предаване на информация. Чрез тях се оценява способността на участниците да използват комбинацията от размер и цвят, светлота и други за разпознаване на знаците. Задача 9: Размер и цвят има за цел свързване на обекти по дадени критерии (цвят и размер). Тази задача развива умения за съответствие и разпознаване на знаци, тренира визуалното възприемане и логическото мислене, като същевременно подпомага развитието на пространственото мислене.

5.3. Структура на експеримента

Тази уеб карта е (специално създадена) за студенти специалност „Геодезия“ в Университета по архитектура, строителство и геодезия, София. Тя представлява туристическа уеб карта на град Каварна, област Добрич. Подробна схема на структурата на експеримента може да се види на Фиг.5.1.



Фигура 5.1. Задача и условие към нея

За създаване на уеб картата е използван програмен език JavaScript с помощта на Vue JS, в комбинация с библиотеката Leaflet.js (другият вариант е с Google Maps API). Потребителският интерфейс е създаден на основата на Bootstrap в допълнение със собствено разработени компоненти. За записване данните от проведените тестове е използван PHP и MySQL. Картата се поддържа на платформа за споделен хостинг със собствен домейн, който позволява достъп от разстояние.

5.3.1. Участници

Изследването включва общо осемдесет и четирима доброволни участници - студенти от 1-ви (специалност „Геодезия“ – 35 студента), 2-ри (специалност „Геодезия“

– 29 студента) и 5-ти курс (специалност Геодезия, специализация „Картография и ГИС“ – 20 студента) от Университета по архитектура, строителство и геодезия в град София, България са включени в изследването. Участниците са изучавали в различни гимназиални профили, сред които по строителен (38), езиков (21), математически (13) и други (12). Всички лични данни са съхранявани в защитена база данни до обработката на резултатите и са използвани единствено за целите на настоящото изследване в съответствие с етичните норми и българското законодателство за защита на личните данни.

5.3.2. Изработване на картографски знаци

Знаковата система на картната основа се състои в 63 немащабни знака, 24 линейни класа и 11 категории на територията, представени чрез метод на качествен фон (Фиг. 5.2). Създаденият уникален набор от точкови знаци (разделен в няколко тематични категории: транспортни обекти, културни обекти и комунални и други обекти) е използван като картографска основа. Създадените знаци се разделят на цветни и черно-бели.



Фигура 5.2. Знакова система на уеб картата

Обектите на изследване са допълнително създаден набор от 15 знака, разположени върху картата (Фиг. 5.3). Те са немащабни знаци на самолети от тип пиктограми. Студентите са инструктирани да открият и да изберат (чрез щракване с мишката) правилният знак на картата, възможно най-бързо, на база конкретното условие, което трябва знака да изпълнява. Условието към всеки търсен знак е показано в уеб сайта, непосредствено преди зареждането на уеб картата. Времето за отчитане на първият клик, т.е. на избраният за правилен знак, започва да тече едва когато студентите са запознати с условието и са го разбрали.



Фигура 5.3. Знак на самолет

5.4. Статистически показатели за знакова ефективност

Данните са събрани на няколко нива. Времето, точността и данните от кликванията са записани и анализирани. ***Използвани са няколко показателя за оценка на резултатите. Разглежда се и поведенческата коректност, време за реакция и показатели за кликванията на потребителите (чрез компютърна мишка).*** [Принос 2]

Размерът на изследователската извадка и нейният състав (студенти от строителен български университет) не се отклонява от стандартната практика в областта на изследване и позволява да се направят добри изводи и заключения.

5.4.1. Според средно време за всяка задача

Средното време, необходимо за изпълнение на задачите, варира от 14 секунди до 27 секунди. Информацията за индивидуалното време на престой върху задача позволява да се определи времето, отделяно в търсене на правилния знак върху уеб картата.

Резултатите показват, че видът на задача (т.е. броя на визуалните променливи) има ефект върху представянето, което е в съответствие с твърдението (за трети променливи), че представянето на работата отчасти зависи от броя на графичните променливи, с които се закодира информацията в поставената задача. При знаци с две или повече визуални променливи участниците демонстрират последователен, а не паралелен модел на възприемане: те обработват отделните променливи една след друга, след което ги „сглобяват“ в работната памет, за да постигнат цялостно решение на задачата. Докато една променлива да се съхранява на момента в работната памет, задачите засягащи две и повече променливи, видно от графиката също не са забавили потребителите с възприемането на информацията в тях.

Една от ключовите хипотези предполагаше, че комбинация от четири визуални променливи ще удвои (или значително увеличи) времето за изпълнение на задачата за визуално търсене в сравнение с комбинация от две променливи. Резултатите **опровергават** това очакване:

- Разликата в средното време за реакция между задачи с две и с четири променливи е статистически незначителна в повечето случаи.
- Процентното увеличение на времето при комбинация от четири променливи спрямо комбинация от две променливи е средно **22,5%** (в зависимост от конкретната комбинация и задачата).

Тази относително умерена разлика предполага, че прагът на „прекалено натоварване“ при статични картографски знаци е по-висок от очаквания за участници с геодезическо/картографско образование.

Сравнението на ефективността на три и четири статични променливи, които включват ориентация, потвърди по-голяма ефективност и ефикасност на такъв тип закодиране на информация в знак. Задачата с една визуална променлива ‘явят‘ не отчита най-ниско време.

5.4.2. Според вярност на знака

Анализът на времето за реакция обхваща както правилните, така и грешните отговори. Коректността на отговора е един от ключовите параметри, наблюдавани в задачите, свързани с картата. Трудността на създадения тест зависи и от набора от взаимодействащи фактори, включително вида на правилния отговор, избраните отвличащи фактори – други картографски немащабни знаци, както и визуализираната територия (фона).

Освен, че ориентацията е най-бързо откритата визуална променливи и съдържанието ѝ в задачи с две, три или четири променливи, ускорявайки значително четенето на знака, тя е и сред най-безпогрешната задача (топ три). Същият е и броят верни отговори при задачата Светлост и ориентация. Това може лесно да се обясни защо е така, именно поради наличието на ориентацията като втори елемент на разпознаване на знака. Резултатите с променливата ориентация подкрепят теорията, че потребителите възприемат информацията на парче. Те първо се опитват да разделят знака на съставящите го променливи, опират се на най-лесната за разпознаване, предполагат кой е правилният знак, а след това го сглобяват и затвърждават финалния си избор.

Хипотезата, че задачите с една визуална променлива са безгрешни, не се потвърждава. Интересна е ситуацията с променливата форма. В създаденият тест са използвани знаци на самолети, като за да се различават по форма, са създадени няколко типа криле и различен вид пиктограми. Явно, когато знакът не използва геометрични елементи за обособяване на форма, създаването на знак, който да се различава по персонализирани елементи е изключително трудно. Затова се препоръчва, ако картографът желае да заложи на знак, който да се категоризира по форма, да използва геометрични значи, ако иска максимално бързо и безгрешно потребителите да разчитат информационния код. В противен случай, рискува потребителите да се справят правилно и бързо със задачите за визуално търсене.

Проверено е дали съществува корелация между времето за първи клик (върху знак) и процентът на правилните отговори. Получената стойност е $r = -0.81$, това е силна отрицателна корелация, което означава, че с увеличаване на времето за първи клик, процентът на верните отговори намалява. Стойността на корелацията е -0.81, силно отрицателна близо до -1, но не доказва 100% линейна зависимост.

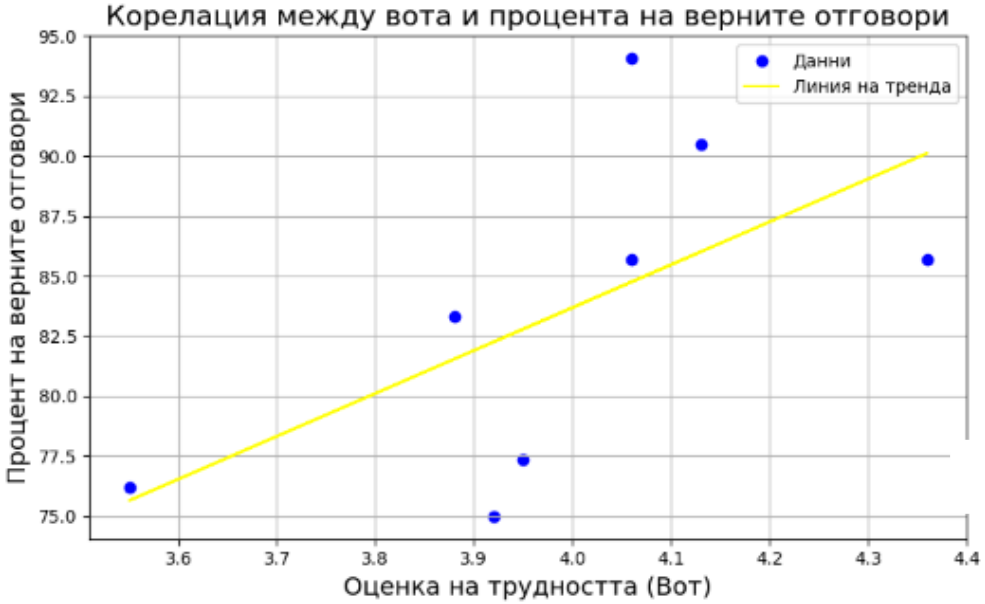
Поведенческите данни включват време за отговор и правилност на отговорите. Ако първите четири задачи ги обособим в една група, а останалите четири във втора група и изчислим с колко процента нараства неверността на избраните знаци, то полученият резултат е, че във втората група има с 46.7% повече грешни отговори в сравнение с първата група. Не е налично прогресивно нарастване на времето за определяне на правилния картографски знак.

5.4.3. Според субективност мнение на участниците

Оформена е хипотеза, че според субективното мнение на студентите най-трудна е задачата за картографско търсене на знак с най-голямо натоварване в значението на знака (с четири променливи). Оказа се, че най-трудна им се е сторила задачата за форма. Изборът на студентите е подкрепен и от резултатите за средно време и вярност на задачите. Едва след това по трудност се подреждат задачите с четири и с три визуални

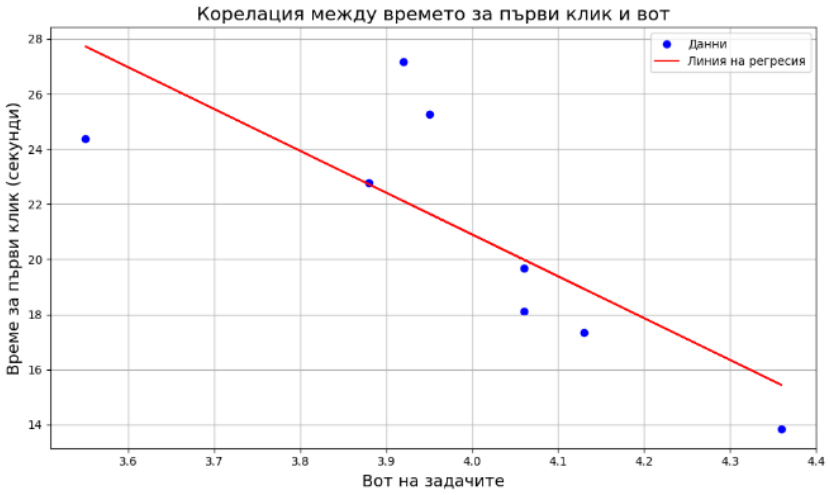
променливи. Изводът, че неупотребата на геометрични фигури за определянето на различни форми в знака, а на персонализиране, е крайно неясно и затрудняващи ползвателите на картите, по-трудно дори от този, да се закодира в пъти повече информация в знака.

Коефициентът на корелация на Пиърсън на Фиг. 5.4 е $r = 0.60$ и е между вота и процента на верните отговори показва умерена положителна зависимост между двете променливи. Това означава, че с увеличаване на оценката на задачата (вота), процентът на верните отговори също има тенденция да нараства, но тази връзка не е много силна.



Фигура 5.4. Корелация между вота и процента на верните отговори.

Като обобщение може да се заключи, че студентите не са се затруднили значително със задачите, това личи по високият брой на гласа „Лесно“ (40.5%) и „По-скоро лесно“ (28.2%), „Средно“ (22.3%), „По-скоро трудно“ (7.7%) и „Трудно“ (1.3%).



Фигура 5.5. Корелация между вота и времето за първи клик.

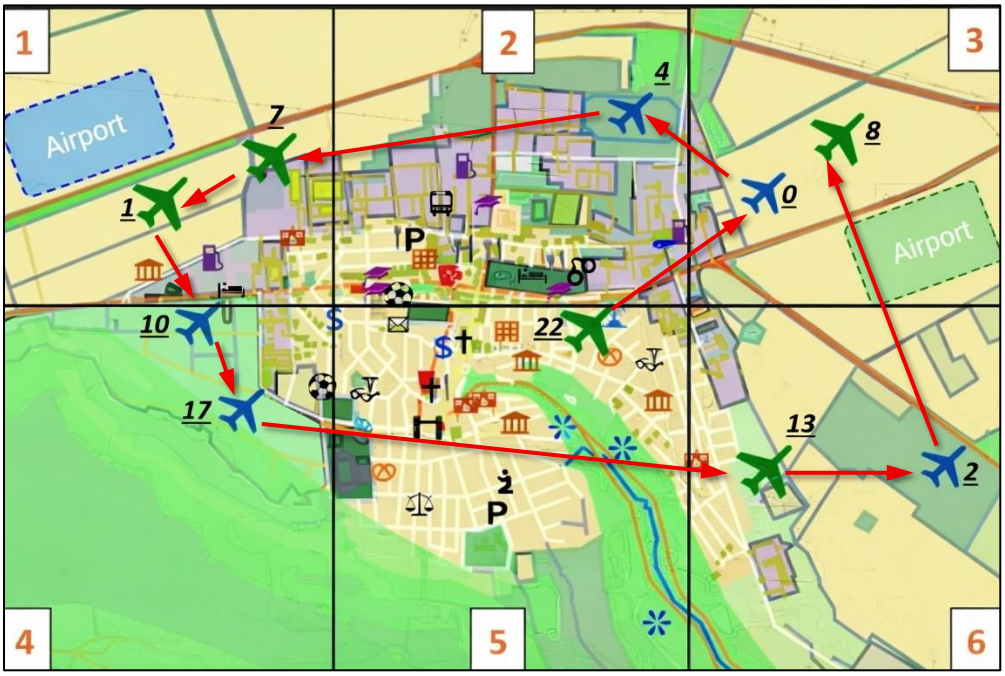
Графиката на Фиг. 5.5 показва връзката между това колко време е нужно на участниците да направят изберат първи знак и тяхната оценка за трудност. Вижда се отрицателен наклон на червената линия на регресия и стойността на корелацията (***r*** =

-0.77). Тя показват силна отрицателна зависимост: когато „Вотът“ (оценката на задачата) е по-висок (задачата се възприема като по-лесна), времето за първи клик е по-кратко и обратно когато оценката на задачата е по-ниска, задачата се възприема като по-трудна, а времето за първи клик е по-дълго.

5.5. Задача сравнение между размер и цвят

Последната задача е от по-различно естество. На уеб картата са изобразени знаци от тип пиктограма на самолети, като се са с различен размер и различен цвят (син и зелен). Зелените знаци са 15% по-големи от сините. На картата са изобразени и два полигона в различен цвят, символизиращи летища. Всеки самолет трябва да бъде преместен върху неговото летище (отговаря на същия цвят на самолета). Една от основните цели на изследването е да се провери дали централните позиции на немащабните картографски знаци върху картата предоставят предимство при задачи за визуално търсене, както и да се установи коя от двете най-често използвани графични променливи – размер или цвят – се проявява като по-забележима (по-бързо откриваема и доминираща) при комбинирано използване в една и съща задача.

На извадката от уеб картата (Фиг. 5.6) е изобразена най-честата траектория на знаците (определена спрямо кликовете върху всеки самолет спрямо присвоения му уникален индикатор). Диаграмата на последователността показва на посетените знаци, определена спрямо кликовете върху всеки самолет. Тя показва времето на индивидуалните кликвания между знаците (участниците имат право да изберат само веднъж един знак). В случая със зелен знак, намиращ в средата на полето на картата, е започнало търсенето. Кликванията продължават със знаци от източни секторите 3 и 6. В близост до всеки знак е позиционирана честотата му на кликване при първи избор на ползвателите на картата.



Фигура 5.6. Диаграма на последователността на посетените знаци.

Освен това в близост до знаците подчертаните цифри показват, в колко от случаите всеки от знаците е избиран първи сред останалите. Централният е избиран първи 22 пъти. Има и знак, който никога не е избиран първи. Съотношението кой знак е най-често избиран първи е с предимство за зелените (61.9%) в сравнение със сините (38.1%) знаци. Въпреки, че и синият, и зеленият цвят се намират равностойно в „студената“ част на светлинния спектър, знаците притежават различен ефект именно заради размера си. Доказа се, че размерът оказва по-силно влияние върху първоначалното разпознаване на знака, въпреки разликите в цвета. По-малкият знак в синьо, въпреки че има по-контрастен цвят спрямо фона, е открит по-късно (при първи клик), защото размерът му е по-малък. Резултатите доказват предимство на централната позиция на картографския знак в картографското поле само ако размерът на знака е по-голям от останалите знаци в същия сектор.

5.6. Резултати от задачите с две условия

Ориентацията и цветът показват добра интуитивност, тъй като процентът на втория клик е сравнително висок **(36% и 35%),** което означава, че потребителите се ориентират по-лесно след първоначалния избор.

Данните показват, че някои визуални характеристики (например форма) са по-трудни за бързо разпознаване, докато други като цветът се усвояват по-бързо. Този начин на визуализация подчертава тенденциите във времената за работа с визуалните променливи от потребителите – първоначално някои задачи отнемат повече време, но след първия избор времето значително намалява.

Прави се анализ спрямо процента на верни и неверни отговори за първи избран знак и втори избран знак при задачите с две условия. Интересно наблюдение е, че верността на първите кликвания винаги е по-висока от вторите, което означава, че потребителите се учат и подобряват точността си при повторно взаимодействие. Задачи 1, 2 и 3 имат много висок процент на верни отговори (над 85%) при първия клик, което показва, че те са сравнително лесни за разбиране. Задача 4 е най-трудна на потребителите, тъй като дори при втория клик процентът на верни отговори е само 76%, а грешките остават най-много в сравнение с другите задачи (40% неверни при втори клик). Задача 2 има най-висок процент на верни отговори при втория клик (94%), което показва, че потребителите бързо са почти безпогрешни при работата с променливата въпреки, че трима от участниците бяха с далтонизъм.

5.7. Анализ на изпълнение за индивидуална задача

За всяка една от деветте задачи е направена подробна статистика и дълбок анализ. Изчислени са по няколко статистически показателя (минимална стойност, максимална стойност, средноаритметично, мода и други). Разглеждането на резултатите от всяка задачи в детайли, дава нов и конкретен поглед във възприемането на всяка визуалната променлива.

5.8.1. Задача 1: Размер

Задача Размер е от първите четири задачи, чието условие съдържа по два въпроса за изпълнение. Повечето участници са отговорили вярно за първия знак - 76 души

(45.24%) са дали верен отговор. Това е по-висок брой в сравнение с верните отговори за втория знак. Вторият знак има по-малко верни отговори - 61 души (36.31%) са отговорили вярно за втория знак в категорията „Да“. По-малко хора са сгрешили определянето на двата знака. Едва 8 души (4.76%) са сгрешили първия знак, докато при втория броят на грешките значително по-висок – 23 души (13.69%). Видно е, че първият знак да е бил по-лесен за разпознаване, докато вторият знак е бил по-труден. Задачата за сравнение на скоростта и верността на само една-единствена променливи – размер, е затруднила участниците, когато се изисква сравнителен метод. Участниците са е справили почти безгрешно за идентифициране на най-големия знак, но когато се изисква да открият най-малкия, това се оказва нелека задача.

5.8.2. Задача 2: Цвят

При задача Цвят повечето участници са отговорили вярно за първия знак - 79 души (47.02%) са дали верен отговор. Това е по-висок брой в сравнение с верните отговори за втория знак. Вторият знак има по-малко верни отговори - 67 души (39.88%) са отговорили вярно за втория знак в категорията „Да“.

По-малко хора са сгрешили определянето на двата знака. Само 5 души (2.98%) са сгрешили първия знак, докато при втория броят на грешките значително по-висок – 17 души (10.12%). Видно е, че първият знак да е бил по-лесен за разпознаване, докато вторият знак е бил по-труден.

5.8.3. Задача 3: Ориентация

В сравнение с предишния случай, тук вторият знак е разпознат по-добре от участниците. При тази задача 75 души (44.64%) са дали правилен отговор за втория знак, докато за първия знак са 72 души (42.86%). Това означава, че вторият знак е бил по-лесно разпознаваем. По-малко хора са сгрешили определянето на двата знака. За първия знак грешен отговор са дали 12 души (7.14%), а за втория знак грешните отговори са по-малко – 9 души (5.36%). Това показва подобряване на точността при втория знак. Ако картата залага само на ориентацията за представяне на информация, възприемането ѝ може да бъде точно дори безпогрешно.

5.8.4. Задача 4: Форма

Задача Форма е от последните четири задачи, чието условие съдържа по два въпроса за изпълнение. Забелязва се спад в броя на правилните отговори и за двата знака. За първия знак 64 участници (38.10%) са отговорили правилно, а за втория знак 50 участници (29.76%) са дали верен отговор. Това показва, че и двата знака са били по-трудни за разпознаване в сравнение с предишните случаи.

Наблюдава се и повишаване на грешните отговори, особено за втория знак – при първия знак 20 участници (11.90%) са отговорили грешно, докато при втория знак - 34 участници (20.24%) са дали неправилен отговор. Това сочи, че вторият знак е създал повече затруднения сред участниците.

Съществува тенденция към по-слаба разпознаваемост на втория знак. В предишните диаграми резултатите за втория знак варират, но тук разликата е значителна. Увеличеният брой грешни отговори за втория знак показва, че той е бил особено труден за участниците. Задачата за сравнение на скоростта и верността на само една-единствена

променливи – форма, най-много е затруднила участниците, особено като се изисква и прилагане на сравнителен метод.

Заключението потвърждава се хипотезата, че колкото по-трудно е възприемана една задача, толкова по-дълго време отнема за избор на правилен знак. Когато задачата е лесна, участниците работят бързо с картата. Когнитивното натоварване влияе най-вече от скоростта на вземане на решения, така, че може да се обобщи, че той е сигурен индикатор при съставянето на знакова система.

ГЛАВА 6

Анализ на използваемостта спрямо технологичната и функционална производителност

6.1. Нова подробна класификация на уеб карти

В тази от точка се предлага допълваща класификация към съществуващите от Kraak (Kraak M. J., 2001), Peterson (Peterson, 2003), Langen (Langer, 2002) и Van Elzakker (van Elzakker, Ormeling, Kobben, & Cusi, 2003). Neumann (Neumann, 2008) най-много покрива основни типове (статични, аналитични, мобилни и други), но липсват скорошни категории. Това дава възможност да се предложи нова, актуализирана и обогатена класификация, която интегрира тези съвременни тенденции. Подробната класификация на предложените нови видове уеб картите е показвана в Таблица 6.1. ***Текущият дисертационен труд цели да започне с изследване на текущата класификация и видове уеб карти, като се оцени възможността за нейната актуализация. Досегашните класификации разделят картите главно според тяхното съдържанието, но липсва тяхното техническо-функционално структуриране.*** [Принос 7]

Таблица 6.1. Допълваша класификация на видове уеб карти.

Видове уеб карти	**Описание**
Карти с визуално-анимирани разкази	Това са карти с разказ, анимации и мултимедийно съдържание.
Тридименсионални и карти	Карти, позволяващи интерактивни, триизмерни модели на градове, терени или симулации.
Уеб карти с измерване и показване на метаданни	Позволяват получаване на информация и измервания.
Уеб карти със зареждане на данни	Филтриране на данни според избрани критерии
Уеб карти за търсене	Позволяват търсене по адрес, име, координати.
Времеви карти	Поддържат времева измеримост чрез времева линия за връщане напред и назад във времето.

Целта на предложението е по-ясно разграничаване на функционалните характеристики на уеб картите в контекста на съвременните приложения. Докато първоначалните класификации разглеждат видовете уеб карти в началото на ерата на тяхното дообогатяване и разширяване и **не покриват съвременните видове уеб карти**, които са особено актуални днес, настоящата класификация въвежда нови функционално-

технически видове уеб карти, съобразно начина на взаимодействие с потребителя, динамичността, възможностите за достъп и степента на персонализация. Това е необходимо, тъй като съвременните уеб базирани географски приложения значително надхвърлят базовите и първоначални функции за визуализация. В момента се изисква по-фина типология на уеб картите, която да отразява тяхното реално многообразие в интерактивните елементи и употребата им в различни сектори – от образование и администрация до наука и бизнес.

6.1. Анализ на съществуващи уеб карти

За целта са избрани някои от най-популярни уеб карти и геопортал в България. Тук се разглеждат и геопортали с уговорката, че не изследваме онези, функции в тях, които ги отличават от стандартните уеб карти – изтегляне на данни – основната отличителна характеристика. За анализа се използват няколко уеб карти (геопортали) - Геопортал на Министерство на отбраната, Кадастрално-административна информационна система и Геопортал на ГИС София и други. ***Целта е да се изследва тяхната съществуваща функционалност, интерактивни и навигационни елементи, състоянието на легендите (ако такива присъстват), както и да се направи обзорен преглед на тяхната знакова система или картографски визуализации.*** [Принос 8]

6.1.1. Геопортал на Министерство на отбраната

Геопорталът на Министерството на Отбраната е уеб-базиран портал, създаден и поддържан от Военно-географската служба (ВГС). Картното съдържание се променя на общогеографско при използване на функцията за мащабиране (zoom). Над уеб картата е разположен и мащабът, който е числен, както и географски координати: North/East. Върху полето на картата се намира и линеен мащаб. Съдържанието може да се контролира чрез включване и изключване на слоеве с разнородна информация – Координатни референтни системи, административни единици, географски наименования и други.

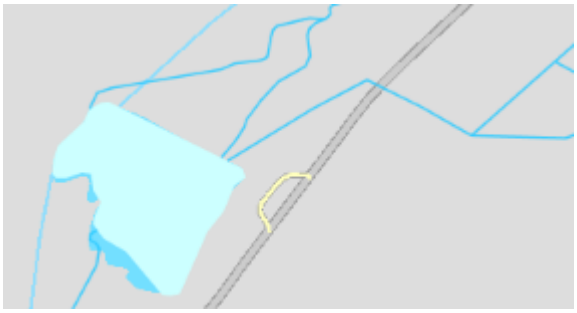
Слоят за Хидрография съдържа категория за Язовир/Бент и Прекосявания, проектирани с точкови немащабни знаци (Фиг. 6.1). Знакът за Язовир/Бент е сравнително неинтуитивен и неясен, като не би бил разпознат без легенда. Знакът за Прекосявания е ясен, но цветът му се слива с подложката, което затруднява наблюдаването му по картата. Неясна е и думата Прекосявания.



Фигура 6.1. Немащабен знак за язовир и прекосявания.

За Водни маси – Речно корито се проектирани линейни знаци, които не са мащабни, а за Водни маси – Стояща вода, площни, мащабни (Фиг. 6.2). Знаците не са надписани,

липсват пояснения и към самите обекти какво представят – имена на реки, имена на езера и язовири, дължина на речно корито, обем на водните обекти и други. Не са налични пояснителния знаци, показващи посоката на водните обекти. Цветът на площните обекти е прекалено ярък за хора с чувствително зрение.



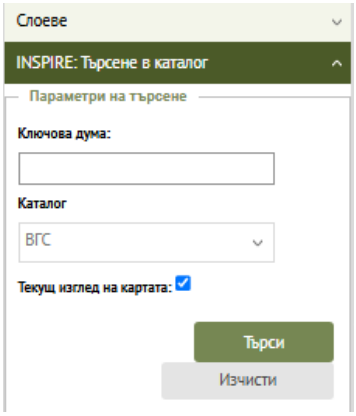
Фигура 6.2. Линеен знак за река и пътища.

Слоят за Транспортна мрежа съдържа само една категория в себе си, като не предоставя информация за категоризация на пътната мрежа – магистрали, скоростни пътища, първи, втори, трети клас пътища и други. Използван е едноцветен линеен картографски знак. Липсват и допълнителни означения за транспортни елементи като подлези, надлези, крайпътни отбивки, бензиностанции и други.

Слоят за Базова карта има само една възможност за картографска основа. Нейният източник не е ясен. Липсва допълнително филтриране на информацията от слоевете и сортиране на данни, като например, филтриране по локация или времеви период. Оценката на тези функции трябва да се фокусира върху тяхната точност, потребителска интуитивност и безотказност.

За всеки от тези слоеве липсва метаданни. Не е ясен източникът на информация, тяхната актуалност и честота на обновяване, начин на събиране и др.

Има поставен зададен праг на мащабиране (навътре и навън). Той е твърде ограничен, тъй като не дава възможност за доближаване към обектите от картното съдържание повече от мащаб 1: 10 000. Отдалечаването също е ограничено до мащаб 1: 10 000 000. По картата може да се панорамира в различни посоки. Има инструмент за търсене, който се намира в менюто със слоевете (Фиг. 6.3). Не е ясна каква информация може да се въвежда нито очаквания резултат от него. Има опция за изчистване на съдържанието му.



Фигура 6.3. Инструмент за търсене в ГИС на Министерство на отбраната.

След тестване се установи наличието на грешни бутони за взаимодействие с картата. Например инструментът за Отдалечаване от картата, работи неправилно – едновременно отдалечава картата и доближава картата.

Като заключение картата и функционалността към нея са крайни неудовлетворени. Допълнително е разочароваща скоростта на зареждане на съдържанието върху картата и неясната работа с интерактивните инструменти от менюто под самата карта. Често се използва бутона за рефрешване на интернет страницата и за връщане назад. Не е създадена мобилна версия на уеб картата.

6.1.2. Кадастрално-административна информационна система (КАИС)

Агенция по геодезия, картография и кадастър КАИС е най-известният портал за електронни услуги в България. За уеб картата се използва кадастрална карта – това е специализирана цифрова карта, която съдържа границите на недвижимите имоти, поземлени имоти, сгради и други. Тъй като картографското съдържание на портала е крайно специализиран, той се изследва и анализа само от към наличната му функционалност и интерактивност.

За базово картно съдържание се използва OSM (Open Street Map). Разположението на бутони са интерактивност са проектиране над картното поле. Сред инструментите се наблюдават такива за: Търсене на обекти; Карта изглед; Базова карта; Слоеве; Приближи и отдалечи; Премести и други.

Под уеб картата е разположен мащабът, който е числен, както и кадастрални координати: X/Y. Налични са втори координати вдясно на уеб картата. Горните координати почти не се виждат. Според графичния дизайн на уеб съдържание размерът на текст в едно приложение не трябва да е под 14pt, а в момента те са с размер 10pt и затова за трудно забележими. Промяната на размера му, ще доведе до по-голяма четимост.

Съдържанието на картата може да се контролира чрез включване и изключване на слоеве с разнородна информация – Лесоустройство, Защитени зони от екологична мрежа Натура 2000, Географски наименования, История кадастър, Кад проекти, Кадастър, Неодобрен кадастър, Геокартфонд, Черноморско крайбрежие, СГКК офиси и Административни. Има опция за променя на Базова карта, сред възможностите за картографска основа са: Административни карта, Ортофото 2011, Ортофото 2019, Ортофото 2022, ЕТК и Без базова карта. Източник на информация, актуалност, честота на обновяване, начин на събиране не са предоставени.

Прагът на мащабиране (zoom) дава възможност за приближаване към обектите от картното съдържание до мащаб 1: 266. Отдалечаването е до мащаб 1: 2 181 466, като покрива цялата територия на България. По картата може да се панорамира в различни посоки. Съществува и икона в менюто с опции, която може също да се използва за преместване.

Инструмента за търсене се намира във функционалното меню. Не са посочени какви ключови думи могат да се въвеждат, нито очаквания резултат от тях.

Проектирани са няколко бутона за взаимодействие с картата: бутон за „Приближаване“, бутон за „Отдалечаване“, бутон за „Преместване“, бутон за „Приближи до текуща позиция“ и други. Бутонът за „Информация“ дава добре организирани данни.

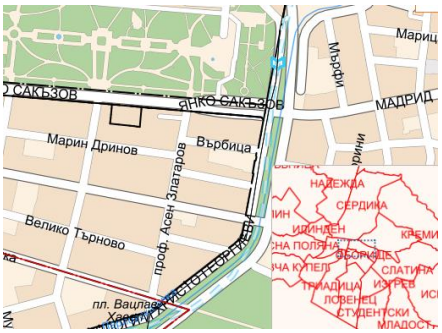
Неговото наличие не се обуславя, тъй като тази функционалност е постоянно активирана – това се забелязва в състоянието на курсора на мишката. Бутоните за „Измерване на разстояние“ и за „Измерване на площ“ дават пълни резултати от измерването – стойност и мерна единица. „Бутонът за избор на карта/изображение“ е непознат и при опит за работа е често неуспешно. При следващата опция Loadfile наименованията на бутоните е на английски език, който е и единствен от това меню. Бутонът за Печат на текущ изглед зарежда бавно.

Като заключение се очаква висок дял удовлетвореност от потребителското изживяване. Интерфейсът е изчистен и добре организиран. Откъм картографска визуализация, информацията се появява само при определено мащабиране, което води до първоначална неяснота какво показва картата. Кадастралната информационна система претърпя голяма разработка, която стартира официално на 16 декември 2024 година, с миграция на данни от старата система между 11 и 15 декември. Скоростта на зареждане на съдържанието върху картата е значително подобрена и обогатена - добавянето на нови инструменти. Към момента вече е налична и мобилна версия на уеб портала.

6.1.3. Геопортал на ГИС София

ГИС София е уеб-базирано ГИС приложение, разработено от „ГИС–София“ ЕООД. Картното съдържание с доста специализирано (в областта на геодезията, кадастъра и градското планиране), но съществува и общогеографско съдържание по картата.

Разположението на бутони за интерактивност са проектиране вдясно от картното съдържание. Сред тях са - Информация за обект; Измерване на площ и измерване на разстояние; Общ изглед; Приближи и отдалечи и Обобщен изглед. Бутоните за „Общ изглед“ и за „Обобщен изглед“ водят до неясна функционалност преди да бъдат активирани. Вторият бутон визуализира врезка (Фиг. 6.4) на цялостния обхват на картата. Тъй като географското разпространение на данните се малко – област София-град, наличието на този инструмент е необосновано.



Фигура 6.4. Врезка в ГИС София.

Числовият мащаб, и кадастралните координати: X,Y са разположение в долния десен край на уеб картата. Описанието на вида координати е полезно за непрофесионалисти. Съдържанието може да се контролира чрез включване и изключване на слоеве с разнородна информация – Базова карта, Екологична градска среда, Изображения, Адреси и други.

При работата с всеки от слоевете не възникват проблеми. Съдържанието е богато и ясно. Съществуват слоеве, чието съдържание се визуализира върху картата само при определен мащаб, например слоят за Вековни дървета (Фиг. 6.5).

Картографският знак, който е използван за обозначаване на вековно дърво също е ясен и еднозначен, като е съобразен и с мащаба на детайлност. Знакът е видим между мащаб от М 1:2000 до минималния мащаб на цялото картно съдържание М 1:250.



Фигура 6.5. Картографски знак за вековно дърво при ГИС София.

Друг точков знак, който е използван на картата е този за Забрана на домашни любимци (Фиг. 6.6).



Фигура 6.6. Картографски знак за забрана за домашни любимци при ГИС София.

При мащаб под М:2500 този знак не се визуализира върху картата. Видимостта му е ограничена между мащаб от М:2500 до М:5000.

Общогеографското съдържание е богато. Състои се от полигонови (сгради, зони), линейни (улична мрежа, водни площи) и точкови обекти (метростанция, хижи и заслони). Използван е метод на изолиините, които изобразяват хоризонтали, удебелени хоризонтали и надписани височинни коти (текстова визуализация). Видимостта му е в диапазона от максимален М 1:50000 до минимален М 1 : 2500. Има ограничен максимално зададен праг на мащабиране М 1:200 000. Максималният мащаб за доближаване към обектите е до 1 : 250.

Проектиран е инструмент за търсене, която се намира над картата. Има опция за подробно търсене по адрес, регулация, актове, метро и други. Липсва бутон за изчистване на съдържанието ѝ.

Всеки един от бутони за взаимодействие с картата работи. Например инструментът за Информация дава пълна информация за обектите, като тук е различен знака за маркиране на обект – окръжност.

Като заключение това е най-добрата спрямо функционалност, съдържание и картографски знаци уеб карта. Тя е удовлетворяваща с добра скорост на зареждане на съдържанието. Това, което е усложнява работата с нея е липсващото съдържание при по-близко приближаване към обект на интерес. Съществува мобилна версия на уеб портала.

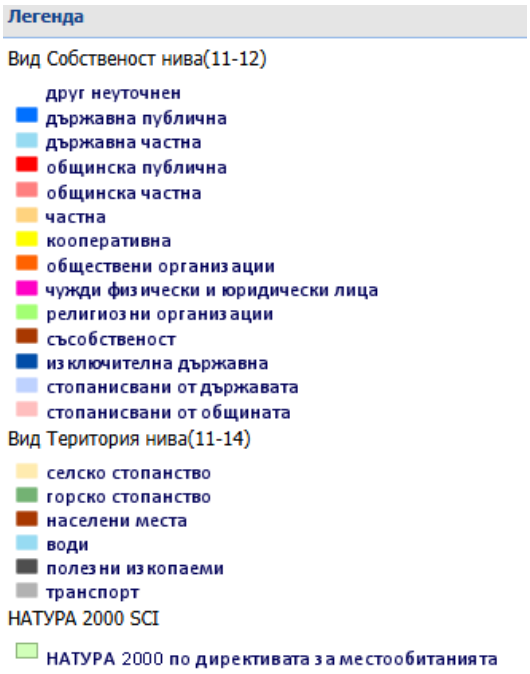
6.1.4. Геопортал на Министерство на регионалното развитие и благоустройството

Геопорталът на Министерство на регионалното развитие и благоустройство, съдържа данни за населени места, релеф, натура, води и други. Бутоните за

интерактивност са разположени на две места: над картното съдържание и вляво от него. Вляво от карта са бутоните за мащабиране и за местене по картата. Двата бутона за местене по картата не функционират правилно. В долната лява част на картата се намира линеен мащаб, а географските координати: X, Y са под него. Съдържанието може да се контролира чрез включване и изключване на слоеве.

Бутоните за интерактивност - „Измерване на разстояние“ и „Измерване на площ“ не връщат стойности и мерни единици. Инструментът „Обект информация“ показва липсващи данни.

По-голямата част от слоевете са с богато и бързо зареждащо съдържание, но има проблемни като: Земно покритие, КБС и Антропогенни структури. Съществуващите легенди са богати и разбираеми, но цветовете не са добре подбрани (Фиг. 6.7).



Фигура 6.7. Легенда на Министерство на регионалното развитие и благоустройството.

Всички знаци от легендата са площни и са групирани в три категории – Вид собственост нива (11-12), Вид територия нива (11-14) и НАТУРА 2000.

Има проектиран инструмент за търсене, която предлага опции за търсене на землища, Язовири, Население места, Топографска разграфка 1:5000 и 1:25000. Избраният обект може да се зачиства. Допълнително дава изборът за сваляне в различен тип данни: Comma Separated Values, Excel, GeoJSON, Esri Shapefile, Well-known Text и други.

Като заключение картата и цялата интерактивност са удовлетворяващи и водят до сравнително добро потребителското изживяване. Все пак има проблеми със скоростта на зареждане на съдържанието и информация от уеб картата. Не съществува мобилна версия на уеб портала.

Разгледани са и Геопортал на Министерство на околната среда и водите и на Фонд Земеделие.

6.1.5. Положителни аспекти на интерактивния дизайн на разгледаните геопортали

На база анализ на разгледаните геопортали могат да се обобщят най-ефективно проектираните интерактивни бутони, отличаващи се с интуитивен и удобен за използване дизайн. Такива са измерването на разстояние (представено чрез линия или ролетка), приближаване и отдалечаване (съответно чрез символите „+“ и „–“ или лупа), слоевете (визуализирани чрез застъпени елементи) и печат (икона на принтер). Тези визуални решения ясно подсказват функцията си и улесняват работата с картата.

За разлика от тях, функции като „Информация за обект“, „Приближаване/Отдалечаване“ и „Преместване“ се възприемат като базово поведение в интерактивните карти и често не изискват отделни бутони. Те се реализират чрез утвърдени действия като клик, скрол или влачене, а в съвременните ГИС платформи все по-често се използва и методът „hover“ за извличане на информация.

Към момента липсват надеждни данни относно предпочитанията на потребителите към тези функции, поради което е предвидено провеждане на потребителско изследване с цел събиране на емпирични резултати, особено по отношение на функцията „Информация за обект“.

9.1.1. Проблеми при интерактивния дизайна на разгледаните геопортали

Анализът на разгледаните геопортали показва наличие на неинтуитивни и неоднозначно реализирани интерактивни елементи, като най-проблемни се открояват бутоните за измерване на площ, общ изглед на картата и преместване. Наред с това са установени и редица технически затруднения, които оказват съществено влияние върху потребителското изживяване.

Сред основните проблеми са бавното зареждане на картата, което води до намалена ангажираност на потребителите, както и използването на малък или нечетлив шрифт, затрудняващ възприемането на информацията. Неясните картографски знаци и сложните менюта допълнително увеличават когнитивното натоварване, особено при непрофесионални потребители. Липсата на информация за мащаба, координатната система и проекцията ограничава разбирането за точността и приложимостта на данните.

Сред анализираните платформи Кадастрално-административната информационна система (КАИС) и ГИС София се открояват с най-добро представяне, благодарение на добре структуриран интерфейс, разнообразно съдържание и ефективни инструменти за работа с данни. Обратно, геопорталът на Министерството на отбраната показва най-сериозни недостатъци и изисква цялостна оптимизация.

В дисертационния труд се предлага нов дизайн на този геопортал, базиран на проведен анализ и потребителско изследване. Той включва опростен интерфейс, подобрена визуализация, по-ефективно зареждане на данни и разширени функционалности, насочени към повишаване на използваемостта.

ГЛАВА 7

Изследване за ефективност чрез система за следене на погледа при картографски дизайн и легенди

7.1. Постановка на изследването

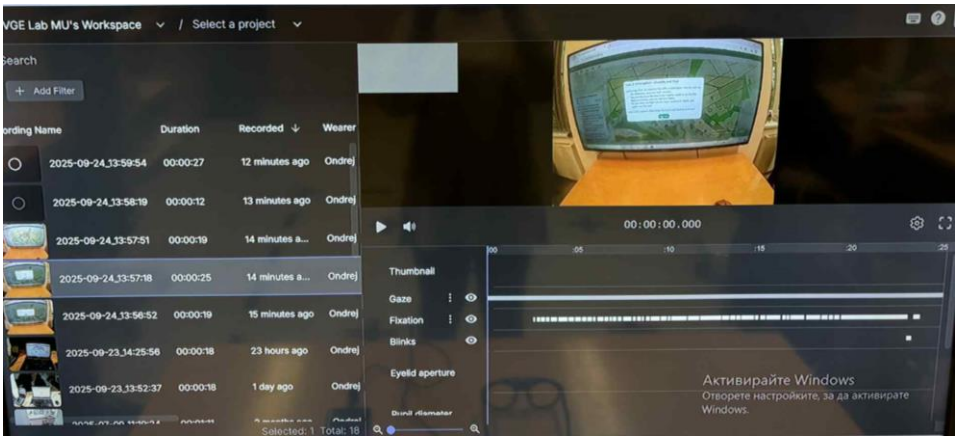
Последният експеримент разширява предходните изследвания върху картографския уеб дизайн чрез включване на данни от система за следене на погледа. Разработена е тестова уеб карта, чрез която се анализират възприятията на потребителите в две основни направления. Първата част обхваща оценка на интуитивността на икони/бутони за често използвани функционалности (измерване на разстояние, преместване, връщане към предишен изглед и извличане на информация за обект), като фокусът е върху елементи с установен неинтуитивен дизайн. Втората част изследва прилагането на принципа на двойната артикулация при картографските знаци и начина на представянето им в легендата, като се анализира влиянието върху разчитането чрез проследяване на погледа. ***Тъй като не са открити научни изследвания, които да покажат при кой от двата начина за конструиране на легендата, тя се чете и разбира по-бързо беше направен експеримент, който да установи времето, необходимо за откриване на знаци с двойна артикулация, в зависимост от използваната легенда.*** [Принос 3]

7.2. Използвана техника

За целите на изследването е използвана мобилна система за следене на погледа Pupil Labs Neon, която позволява ефективно изследване на визуалното взаимодействие между легендата и уеб картата. Чрез нея са анализирани ключови показатели като брой, честота и продължителност на фиксациите, предоставящи детайлна информация за начина на възприемане. Получените данни разкриват зависимости, които трудно могат да бъдат установени чрез традиционни методи.

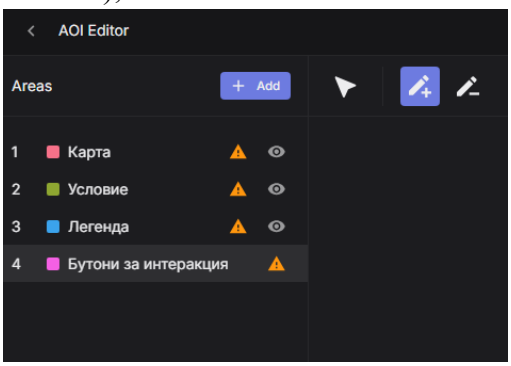
Използваната система се характеризира с висока мобилност и възможност за работа без предварително калибриране, което улеснява провеждането на експеримента. Точността на измерване достига приблизително 1.8° без корекция и около 1.3° при прилагане на допълнителна корекция, което е достатъчно за надеждно регистриране на фиксации и визуални преходи. Събраните данни за погледа, включително фиксации и сакади, са подложени на последваща обработка, като са изключени невалидните интервали (напр. премигвания). Данните са структурирани в подходящ формат за анализ и обединени от всички участници.

Системата включва мобилно устройство за запис и облачна среда за съхранение на резултатите (Фиг.7.1).



Фигура 7.1. Софтуер Pupil Cloud за обработка на записите.

След записването и запазването на всяка сесия в облачното пространство на Pupil устройството, се създаване на проект за всеки участник. Когато е създаден, се изчертават зони на интерес (Area of interests), както е показано на Фиг.7.2.



Фигура 7.2. Определяне на зони на интерес в Pupil Cloud.

Определянето на зони е част от обработката на данните. Този процес се извършва изцяло ръчно. При необходимост вече определените зони на интерес могат да се променят, изтриват или добавят нови. Благодарение на тях могат да се определят акцентите върху уеб картата, както и времетраенето на погледа върху всеки от тях.

7.3. Обработка на данни от система за следене на погледа

Експерименталните данни са събрани от участници от Чехия, предварително информирани за целите на изследването и начина на обработка на информацията. В изследването участват лица на възраст 20–35 години (55% мъже и 45% жени), като събирането на данни е проведено в периода 25–29 септември 2025 г. в гр. Бърно. Събраните лични данни имат спомагателен характер и не са използвани за извеждане на аналитични зависимости.

Преди експеримента участниците са инструктирани за работа със системата, като използването ѝ не се възпрепятства от носене на диоптрични очила. С цел осигуряване на надеждни резултати са ограничени резките движения на главата.

Обработката на данните е извършена в среда за програмиране на Python, с използване на специализирани библиотеки за анализ и визуализация, като е приложена облачна изчислителна платформа за ефективно обработване на записите.

7.3.1. Анкета за предпочитание на дизайн на уеб карта

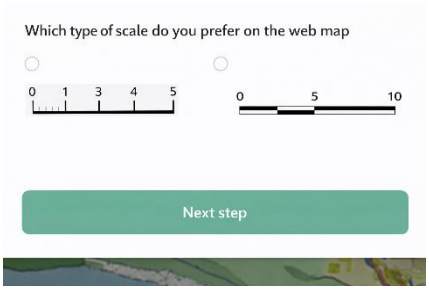
Експериментът започва с въпросник, насочен към установяване на потребителските предпочитания относно интерфейса на уеб карти и геопортали. Включването на чуждестранни участници разширява обхвата на изследването и допринася за по-обективни изводи и препоръки.

Резултатите от първия въпрос **„Използвали ли сте някога геопортал/уеб карти и каква е причината?“** показват, че 75% от участниците имат опит с използването на геопортали, докато 25% не ги използват. Най-често посочваните платформи са Google Earth, OpenStreetMap, ArcGIS Online и Copernicus Land Monitoring Service. Основните мотиви за използване включват професионални дейности, достъп до пространствени данни и личен интерес.

Следващите въпроси са по-конкретни и са насочени към начина, по който потребителите възприемат разположението и визуализацията на извънрамковите картографски елементи, като легенда и интерактивни бутони. Целта им е да се събере информация за личните предпочитания по отношение на тяхното местоположение, дизайн и необходимост при работа с уеб карти.

Особено внимание се обръща на въпросите за предпочитано разположение на интерактивните бутони **(Кое местоположението на интерактивните бутони спрямо картата предпочитате?“)** и легендата (**„Кое местоположението на легендата спрямо картата предпочитате?“)** спрямо картата, тъй като те имат съществено значение при проектирането на геопортали и уеб базирани картографски приложения. От резултатите се вижда, че най-голяма част от участниците предпочитат интерактивните бутони да бъдат разположени в горния ляв ъгъл на картата. Това вероятно се дължи на по-лесния достъп и на начина на възприемане на информацията – отляво надясно, характерен за европейските култури. Въпреки отчетливото превъзходство на този избор, вторият най-предпочитан вариант е позиционирането в горния десен ъгъл, което също осигурява добра видимост и може да се свърже с навиците, формирани при работа с различни софтуерни среди. Разполагането на бутоните в централната част на картата е с минимална подкрепа, което може да се обясни с по-неудобния достъп и нетипичното им позициониране.

Следващият въпрос се отнася до дизайна на линейната легенда върху уеб карта, като са предложени два варианта – просто-линейна и стълбовидна скала. Просто-линейната представлява хоризонтална линия с крайни деления, без допълнителни подразделения, докато стълбовидната включва редуващи се черно-бели сегменти и вторични деления, обозначаващи разстояния с числови стойности и единици. На Фиг. 7.3 са показани двата вида, от които участниците трябва да изберат. Резултатите показват еднозначно предпочитание към по-опростения дизайн, което ще бъде взето предвид при проектирането на крайния картографски уеб продукт.



Фигура 7.3. Избор на предпочитан дизайн при линеен мащаб върху уеб карта.

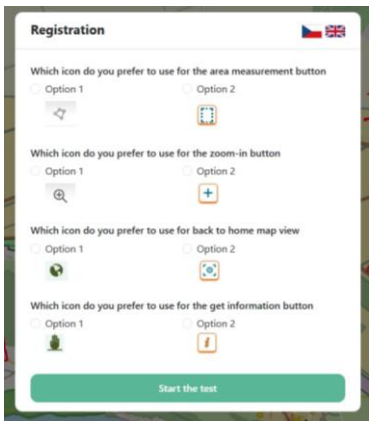
Следващите въпроси се отнасят до базовите инструменти за работа с уеб карта – преместване, приближаване, отдалечаване и избиране. Първият от тях: **„Какъв метод за отдалечаване и приближаване към обект бихте използвали?“** търси най-желания метод. За по-предпочитан начин за доближаване и съответно отдалечава е със скрола на мишката (62.5%), следван от опцията за използване на бутони за приближаване/отдалечаване (29.2%). С най-малък процент е изборът за ръчния метод с промяна на мащаба (8.3%).

Подобен е и въпросът за получаване на информация „**Кой е предпочитаният за вас метод за получаване информация за обект?“** За най-желания метод за извличане на данни и информация за обект както с единично селектиране (кликване), така и с посочване с мишка и появяване на подсказка (tooltip), които имат еднакъв брой в анкетата (Таблица 7.1). Това решение ще се взема предвид при съставяне на новия дизайн и функционалност на геопортала на Министерство на отбраната.

Таблица 7.1. Разпределение въпроса за метод на получавана на информация.

Метод за получаване на информация	**Разпределение в %**
Еднократно кликване	45.83
С посочване до появата на подсказка	45.83
Двойно кликване	0.0
Бутон за информация за обекта	8.33

Последната група въпроси е насочена към оценка на дизайна на някои от най-неинтуитивните и неясни икони, използвани в българските геопортали. Тези въпроси пък проверяват коя от двете избрани икони за всеки бутон са по-разбираема. На Фиг. 7.4 е показана групата инструменти (вляво дизайнът на интерактивни бутони от Кадастрално-административна информационна система - КАИС, вдясно от Геопортал на ГИС София). Групата въпроси за предпочитания е насочена към визуалната яснота на инструментите и лекотата на разпознаване на функциите на интерактивните бутони. Резултатите от мнението на чешките участници е показано в Таблица 7.2. Както се вижда от резултатите по-голям брой участници предпочитат избрания подход в дизайна на бутоните за интерактивност на КАИС, с изключение на последния въпрос.



Фигура 7.4. Избор на икони.

Таблица 7.2. Разпределение на отговорите за дизайн.

Въпрос	Избор	Разпределение в %
Икона за измерване на площ	от КАИС	75
	от iSofMap	25
Икона за приближаване към обект	от КАИС	12.5
	от iSofMap	87.5
Икона за връщане към предишен изглед	от КАИС	79.2
	от iSofMap	20.8
Икона за избиране на обект	от iSofMap	100

Данните да мнението на потребители, използващи различни геопортали и уеб карти е изключително важно и наложително при производството и съставянето на уеб картографски продукт. Тъй като в наши дни то е неразривна част от процеса на създаване, а в последствие и на използване и поддържане, това изследване дава отговори на някои основни въпроси в UI и UX дизайна на картографския продукт. Получените резултати позволяват ясно идентифициране на най-често използвания инструмент и на най-слабо предпочитания метод сред участниците, като по този начин допринасят за оптимизирането на потребителските интерфейси и практиките в дигиталната картография.

Приносът на проведеното изследване се състои в създаването на нова статистика относно предпочитанията на потребителите към основни интерактивни инструменти в картографските приложения. Чрез анализ на ключови аспекта – предпочитано местоположение на легенда, интерактивни бутони спрямо картата, предпочитан метод за приближаване, отдалечаване и преместване (скролване, промяна на мащаб или бутон), както и предпочитан метод за получаване на информация за обект (еднократно кликване, подсказка, бутон) въпреки малката статистическа извадка изследването предоставя прозрения за ефективност на взаимодействие с картографски интерфейси.

7.3.2. Картографска артикулация и легенди

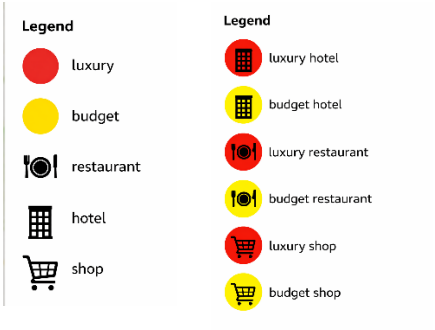
Втората част от експеримента включва задачи за изследване на различно конструирани легенда за знаци с двойна артикулация. ***Целта на експеримента е да се изведе най-ефикасния дизайн на легенда за знаци с артикулация, чиито резултатите са важни за цялостното разбиране за ефективност при уеб картите и тяхното съдържание.*** [Принос 3]

За да бъде установено времето за работа с двата начина на описание на знаците с двойна артикулация в легендата са направени два експеримента:

1. За немащабни знаци. Разработени беше проста легенда от два базови знака и три допълнителни , които се комбинират по 6различни начина в знаци с двойна артикулация. Бяха създадени два теста са два теста: 1А при легенда описваща поотделно базовите и допълнителните немащабни знаци и (Фиг. 7.5 ляво) и 1Б при легенда

описваща знаците с двойна артикулация по начина по който те функционират на картата (Фиг. 7.5 дясно).

2. За линейни знаци. Разработена е легенда от легенда от два базови знака и два допълнителни, които се комбинират по 4 различни начина в знаци с двойна артикулация. Разработени са два теста: 2А при легенда описваща прости линейни знаци (Фиг. 7.6 ляво) и 2Б при легенда описваща линейни знаци с двойна артикулация (Фиг. 7.6 дясно).



Тип 1А *Тип 1В*

Фигура 7.5. Легенди за немащабни знаци



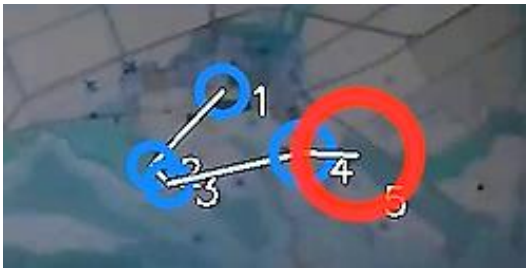
Тип 2А *Тип 2В*

Фигура 7.6. Легенди за линейни знаци

Разработената уеб карта, в която функционират знаците, описани в легендите, е обектът прилагане на система за следене на погледа. И в четирите легенди броят на означенията е по-малък от 7, което позволява на изследваните лица да ги запомнят едновременно в кратковременната си памет и да намират обектите на картата без да се обръщат многократно към легендата. Изследвани са шестнадесет лица, на които е поставена задача, изискваща откриване на два картографски знака според условие. За целта е необходимо избиране на правилните знаци чрез посочване с мишката последователно върху тях.

Чрез наличната система за следене на погледа Pupil Labs Neon са записани следните параметъра на изследване: брой фиксации на погледа върху легендата; брой фиксации на погледа върху картата; време за работа с легендата; време за работа с картата; време за откриване на първия знак след началото на задачата и време за откриване на втория знак след откриване на първия.

Основният файл, който е използван за получаване на фиксациите върху вече определените области на интерес е fixation.csv. Този файл съдържа осреднени стойности на фиксациите за всеки участник, на база декодираните видеоклипове във формат mp4. Всеки видеозапис съдържа в себе си насложени точките на индивидуалния погледа на всеки участник (Фиг. 7.7).



Фигура 7.7. Изобразяване „пътеката на погледа“.

За да се синтезиран данните от видеозаписите на всички участници е създаден обобщен .csv файл с данни за осемте параметъра, изброени горе. Програмиран е код за изчисляване на положението и броя фиксации в предефинираните зони на интерес – карта и легенда. Областите на интерес – условие на задачата, бутони за взаимодействие, са изключени от финалните изчисления още в пред обработката на данните.

7.3.3. Работа с легендата

Анализът на фиксациите върху легендата показва сходен среден брой фиксации при всички експериментални условия (между 11 и 12.5), което е обусловено от близкия брой знаци в легендите (4–6 елемента). Въпреки това се наблюдават различия в разпределението между участниците. При легендите от тип А (1А и 2А), при които базовите и допълнителните знаци са представени отделно, вариацията между участниците е по-малка (3–4 фиксации), докато при тип Б тя е по-голяма (6–7 фиксации). Това може да се интерпретира като по-висока несигурност при разпознаване и запомняне на по-комплексно представените знаци при част от участниците.

При втората задача се наблюдава леко намаление на броя фиксации (средно с 8.3%), което вероятно се дължи на по-голямата простота на линейните знаци и на натрупания опит от първата задача.

Въпреки сходния брой фиксации, времето за работа с легендата се различава съществено между условията. Легендите от тип А се възприемат по-бързо при първата задача (с около 25%), а при втората разликата намалява до около 6%, но тенденцията се запазва. Общо легендите с немащабни знаци се обработват значително по-бързо (средно около 68% по-кратко време) в сравнение с легендите с линейни знаци.

Анализът на средното време за една фиксация показва съществена разлика между типовете легенди. При немащабните знаци времето за фиксация е значително по-кратко (с около 80%) в сравнение с линейните знаци. Най-ниска стойност се наблюдава при легенда 1А, което показва най-ефективно визуално разпознаване. При легенда 1В времето се увеличава с около 26%, докато при линейните знаци (2А и 2В) се отчита почти двукратно по-дълго време за фиксация.

Тези резултати се обясняват с по-високата познатост и по-честото използване на немащабните знаци с двойна артикулация в картографската практика, което улеснява тяхното разпознаване и интерпретация. Обратно, линейните знаци изискват по-дълга визуална обработка и по-голямо когнитивно усилие.

Допълнителният анализ на индивидуалните различия показва значителна вариативност при легенда 1А, където най-бавно работещият участник има със 160% по-дълго време за фиксация спрямо най-бързия. Това подчертава ролята на предварителния

опит в картографското разчитане – по-опитните участници обработват знаците по-бързо и с по-малко фиксации.

При линейните знаци разликите между участниците са по-малки (67–95%), тъй като всички участници изпитват затруднения при тяхното възприемане. Това води до изравняване на времето за визуална обработка независимо от опита.

7.3.4. Работа с картата

Анализът на начина на работа с картата показва съществени различия както във времето за изпълнение на задачите, така и в броя на фиксациите върху картното съдържание. Най-малък брой фиксации се наблюдава при легендата от тип А в задача 1 (немащабни знаци), където участниците разпознават средно 8.5 обекта, преди да открият търсените два знака. При останалите условия броят на фиксациите е сходен, но по-висок (между 11.8 и 12.7), което показва по-голямо визуално натоварване при работа с тях.

Времето за работа с картата следва сходна тенденция. Най-кратко е то при легендата от тип А в задача 1 (7.09 s), докато при задачите с линейни знаци (задача 2) времето нараства значително (до 11.59 s средно). Въпреки по-голямата графична простота на линейните знаци и по-малкия им брой, те се възприемат по-бавно в сравнение с немащабните знаци от задача 1.

Получените резултати противоречат на първоначалното очакване, че по-опростената графична структура ще води до по-бързо разчитане. Вместо това се установява, че времето за запознаване с легендата при немащабните знаци е значително по-кратко – средно с 68% по-малко спрямо линейните знаци. Сходна тенденция се наблюдава и при работата с картата, където времето е средно с около 62% по-кратко.

Разликите могат да се обяснят с по-високата степен на познатост на немащабните знаци с двойна артикулация, които са близки до широко използвани визуални кодове в картографията и ежедневната комуникация (напр. пътни знаци). Познатите структури се разпознават по-бързо и с по-малко когнитивно усилие, което води до по-ефективна визуална обработка.

Допълнителният анализ показва, че при легендите от тип А времето за запознаване с легендата е по-кратко (средно с 25% при задача 1 и 6% при задача 2), но за сметка на това се наблюдава леко увеличение на времето за работа с картата (съответно 5% и 6%). Това подсказва, че по-лесното разбиране на структурата на легендата не винаги води до по-бързо цялостно изпълнение на задачата, тъй като последващата визуална обработка може да компенсира първоначалното предимство.

7.3.5. Изводи

Проведените експерименти опровергават първоначалното предположение, че за откриване и посочване върху картата на знаци с двойна артикулация ще бъде необходимо повече време при легенди с разделно обозначаване на базовите и допълнителните знаци (Тип А), отколкото при легенди, в които знаците са комбинирани (Тип Б). Общото време за запознаване на ползвателите с легендите от тип А е по-кратко, както е и по-малък броят на фиксациите, с които се откриват знаците върху картата. Това е добре изразено при работа с немащабни знаци при задача 1.

Проведените експерименти не потвърждават първоначалното предположение, че при легенди с разделно представяне на базовите и допълнителните знаци (тип А) ще се изисква повече време за откриване на знаците с двойна артикулация в сравнение с легенди, в които те са представени като готови комбинирани единици (тип Б). Резултатите показват, че при тип А времето за запознаване с легендата е по-кратко, както и броят на фиксациите при търсене на обектите върху картата. Това се проявява особено ясно при работа с немащабни знаци.

Легендите от тип А са по-подходящи за потребители с по-висока степен на картографска грамотност, които могат лесно да осъществяват мислено комбиниране на базовите елементи в сложни знаци. Обратно, при деца и ученици е по-ефективно знаците да бъдат представени в готов, комбиниран вид (тип Б), тъй като това улеснява и ускорява тяхното разпознаване. В този смисъл резултатите показват, че ясно структурираното и визуално опростено представяне на знаците намалява когнитивното натоварване на потребителя.

Въпреки по-голямата графична простота на линейните знаци (задача 2), те се възприемат по-бавно в сравнение с пиктограмите в задача 1. Това противоречи на първоначалната хипотеза, че визуалната простота води до по-бързо разчитане. Получените резултати показват, че по-важно значение за скоростта и точността на възприемане имат познатостта и честотата на използване на знаците, а не само тяхната графична сложност. Установява се също така, че по-малкият брой знаци върху картата допринася за по-бързото им разпознаване.

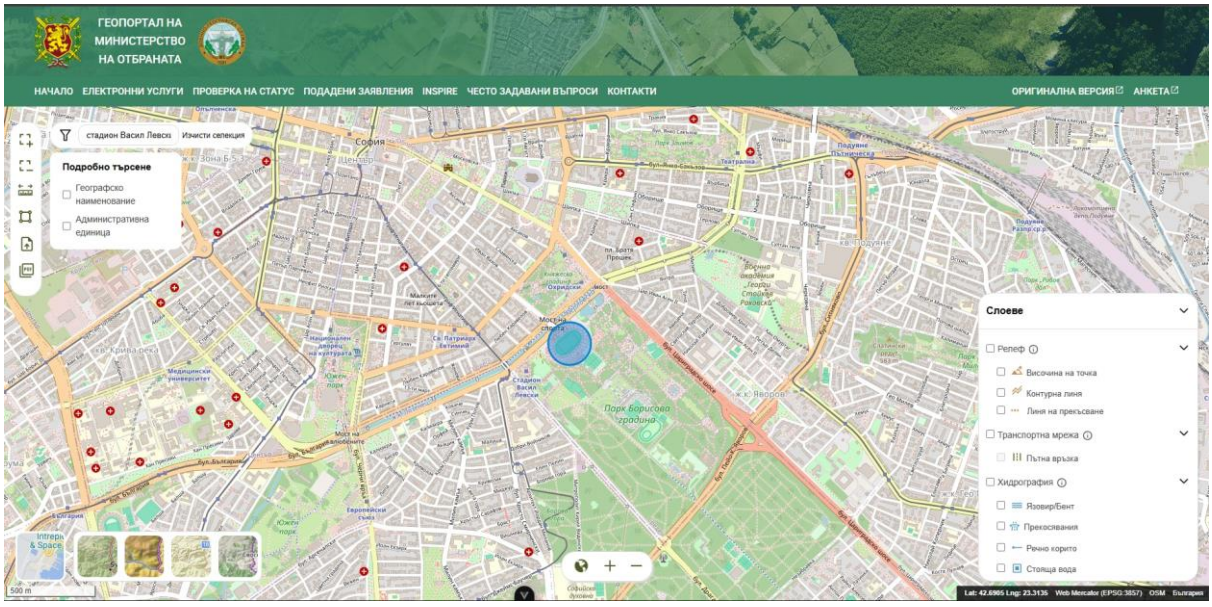
Анализът на данните от системата за проследяване на погледа Pupil Labs Neon позволява оценка на визуалното поведение на участниците чрез фиксации и време, прекарано върху отделни зони на интерес (легенда и карта). Тези данни дават възможност да се анализират когнитивното натоварване, стратегията на визуално търсене и трудността на задачите.

ГЛАВА 8

Препоръки за подобряване на картографския дизайн и знаци на уеб карти

8.1. Разработване на нов уеб продукт

В тази глава е проектиран картографски дизайн за подобрение на интерфейса на ГИС портала на Министерство на отбраната. За прилагане на изведената и анализирана литература и изводи на практика е създадена нов интерактивен уеб дизайн на карта на съществуващата уеб карта към геопортала на Министерство на отбраната, изобразяващ данни по INSPIRE (Фиг. 8.1).



Фигура 8.1. Изглед към новия дизайн на ГИС на Министерство на отбраната.

Събраните резултати от девет задачи, свързани с работа с две версии на уеб картите на Министерство на отбраната, са използвани за оценка на интуитивността и ефективността на различните дизайн решения. При разработването на подобрената версия на уеб картата са взети предвид анализ на съществуващи геопортали в България, литературни източници (включително изисквания за наличие на инструмент за търсене), както и резултати от предходни изследвания.

В изследването е използван въпросник за оценка на потребителското мнение относно двата варианта на дизайна на геопортала. В анкетата доброволно участват 37 студенти от различни курсове и специалности (фотограметрия, картография и висша геодезия) в Университета по архитектура, строителство и геодезия. Извадката предоставя представителна основа за анализ на тенденции в използваемостта на уеб картографските приложения.

Задачите в анкетата са насочени към оценка на основни функционални аспекти на уеб картите, включително търсене и локализиране на обекти, работа със слоеве, достъп до атрибутивна информация, измерване на разстояния и площи, навигация по картата и използване на основни инструменти за управление на изгледа. За всяка задача участниците предоставят оценка относно леснотата на изпълнение и интуитивността на интерфейса.

Въпросникът включва и отворени отговори („Друго“), които позволяват допълнителна обратна връзка и разширяват възможностите за анализ на потребителското преживяване. По този начин се комбинират затворени и свободни отговори, което увеличава информативността на събраните данни.

Задачите са групирани в пет основни функционални категории, характерни за уеб картографските приложения:

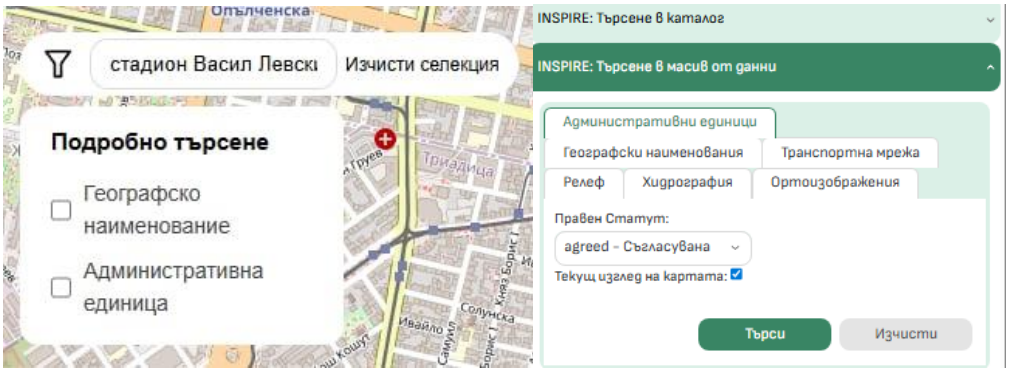
- търсене и навигация;
- управление на слоеве;
- работа с атрибутивна информация;
- измервателни инструменти;

- взаимодействие с потребителския интерфейс.

Пълният анкетен лист с въпроси, задачи и техните резултати са в Приложение № 8.2.

8.1.1. Резултати

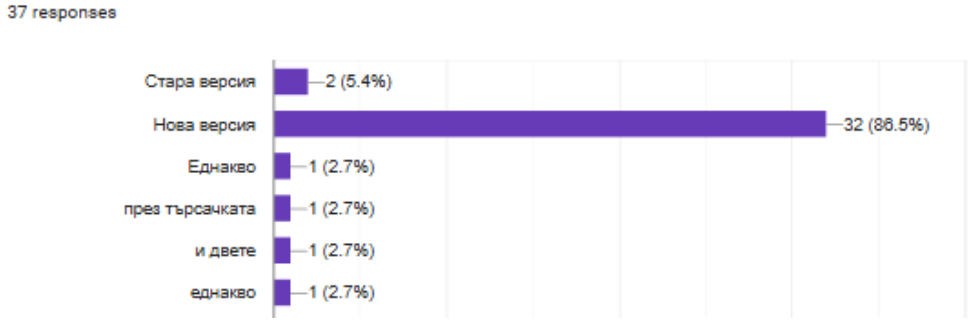
Първият въпрос от анкетата - № 1 „**При кой вариант беше по-лесно да намерите стадиона?**“ се допитва до мнението на участниците относно инструмента за търсене в двата варианта на дизайн. При стария дизайн има два инструмента за търсене, които стават видими след като се избере разгъне левия прозорец със слоеве. В новия дизайн инструмента за търсене е винаги видим (Фиг. 8.2 нов *а*, оригинален *б*).



Фигура 8.2. Изглед към дизайна на инструмента за търсене (нов дизайн - вляво *а*; оригинален дизайн - вдясно *б*).

Разбира се, генерално това условие е относително и зависи изцяло от концептуалния дизайн на останалите елементи и наличието на достатъчно място за нейното разположение. Но би могло да се заложи още в самото проектиране на инструмента за търсене да е лесно и бързо откриваем, след като е доказано, че е най-важният и задължителен елементи към една уеб карта (Mai и съавт., 2018).

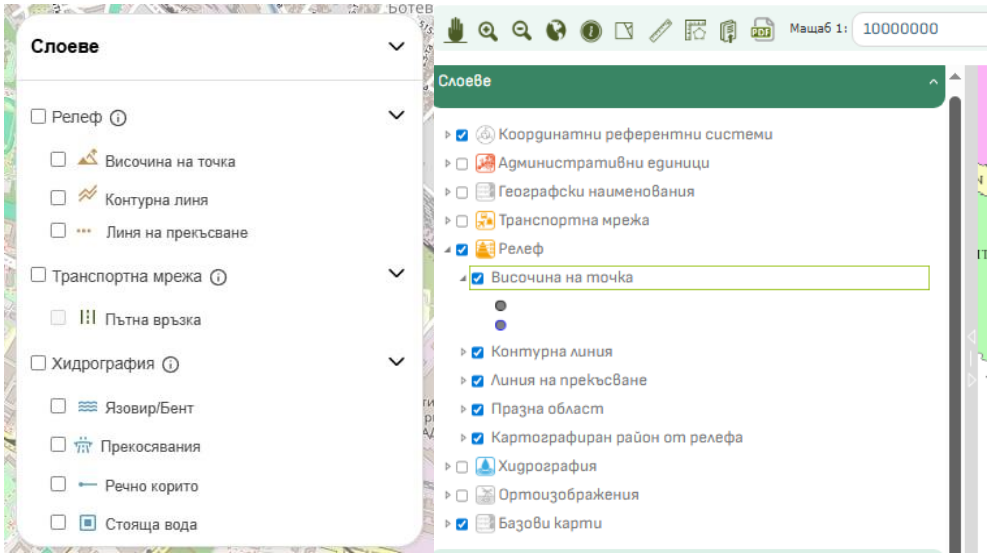
В допълнение, новият дизайн разширява функционалността на инструмента за търсене чрез въвеждане на филтри и ясно разграничаване на типовете данни, които могат да бъдат търсени. Това подобрява ориентацията на потребителя и улеснява взаимодействието с картата. Резултатите са в ползва за новия, обогатен дизайн (Фиг. 8.3).



Фигура 8.3. Графика с резултатите от първия въпрос от анкетата, проведена на 25 ноември 2025, София.

Вторият въпрос № 2 „**При кой вариант беше по-лесно да работите със слоя върху картата?“** изисква работа със слоевете по картата в двата дизайна на уеб картата. Резултатите и анализите от предходната анкета, проведена в Чехия, град Бърно са, че

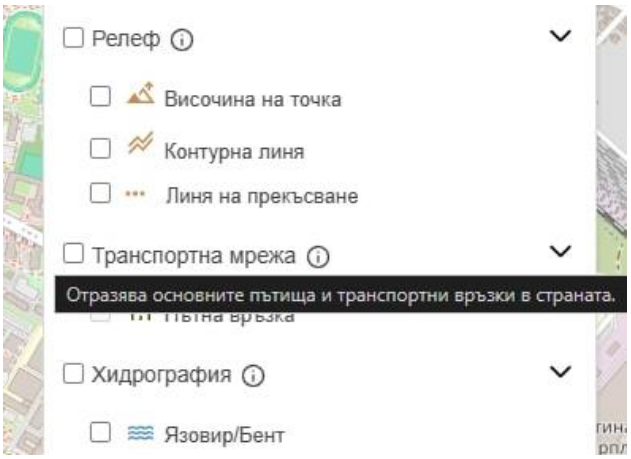
легендата (съдържанието на картографските знаци) се предпочита да се намира вдясно от картата. Слоевете са вид легенда. Те показват наличните картографски знаци, които са част от картата, като допълнително включват и техното изобразяване в полето на картата (Фиг. 8.4 нов *а*, оригинален *б*).



Фигура 8.4. Изглед към дизайна на слоевете
(нов дизайн - вляво *а*; оригинален дизайн - вдясно *б*).

Именно с тази идея при новия вариант местоположението на слоевете е преместено вдясно. Допълнително два от съществуващи слоеве в оригиналния сайт са изключени от групата от слоеве и са добавени като критерии за търсене при подробното опция на инструмента за търсене.

От гледка точка на картографските знаци и техните графични променливи при новосъздадения картографски дизайн, са направени подобрения и при съставянето на легендата. Подбрани са нови по-добре структурирани немащабни и линейни знаци. Така логически пространствената информация е разпределена практично и функционално. Цветът е основната визуална променлива, отличаваща текущата знакова система – в синьо са водните знаци, в кафяво са теренните, а в тъмнозелено са пътните. Извършено в категоризиране на водните и теренните знаци с по-подробна знакова система.



Фигура 8.5. Метаданни на слоевете в легендата при новия дизайн.

Бутон с метаданни е проектиран до всяка група от слоевете в легендата (Фиг. 8.5). Легендата може да се „разгъва“ и „разпъва“ да удобство на ползвателите.

Всички тези различия между оригиналния и новия дизайн показва положителна нагласа за управлението на слоевете с информацията при новия вариант (92%). В свободен текст някои участници са пояснили, че при оригиналния вариант на дизайна, не се открили инструмента за търсене.

Следващият въпрос №3 – **„При кой вариант беше по-интуитивно получаването на информация за обекта?“** – показва пълно предпочитание (100%) към новия вариант на уеб картата. Това се обяснява с факта, че въз основа на предходни изследвания и потребителски предпочитания са имплементирани два начина за извеждане на информация – чрез единично селектиране и чрез посочване с мишка с визуална подсказка, което повишава интуитивността на взаимодействието.

Въпрос №4 – **„При кой вариант беше по-ясен инструментът за измерване на площ?“** – е насочен към оценка на достъпността на инструмента за измерване на площ. Резултатите показват, че при оригиналния вариант значителна част от участниците (16.2%) изпитват затруднения при откриването му в лявото меню, което показва недостатъчна видимост и неудачна визуална комуникация на иконата.

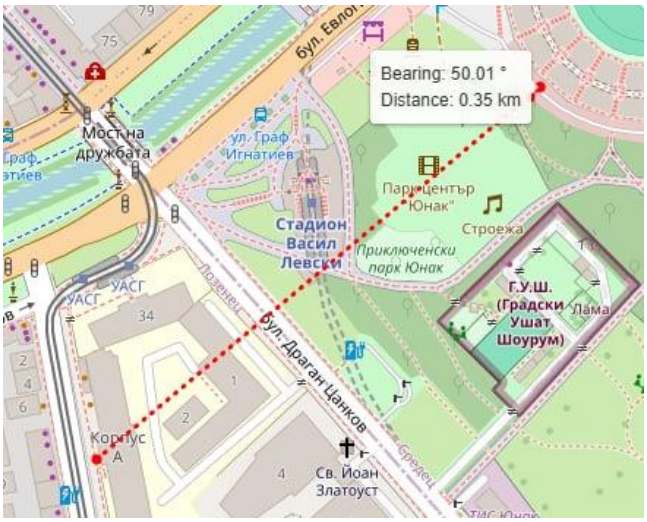
При новия дизайн инструментът е по-добре позициониран и с по-ясна визуална идентификация, което се отразява в значително по-висока положителна оценка (78.4%). Освен това процесът на измерване е по-плавен и по-информативен, като резултатът се визуализира директно върху картата – с ясно маркиран обект и изчислена площ, позиционирана спрямо геометричния му център.

Отговорите на въпрос №5 – **„При кой вариант предпочитате да местите картата?“** – също показват ясно предпочитание към новия вариант (83.8%). Потребителите посочват като най-интуитивен метод използването на скрол на мишката, вместо отделен бутон за преместване (PAN).

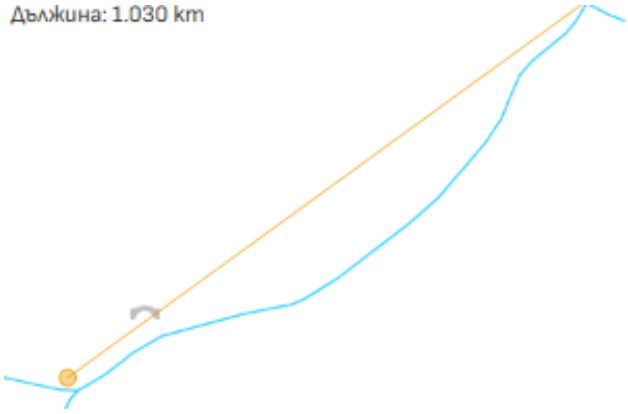
Тъй като панорамното движение е една от основните функции на интерактивните карти, заедно с увеличаване и намаляване на мащаба, резултатите потвърждават, че естествените жестове и стандартните периферни устройства се възприемат като по-удобни и логични от потребителите. В тази връзка бутонът за преместване е премахнат

в новия дизайн, тъй като не се използва ефективно, като по този начин се оптимизира интерфейсът и се освобождава пространство за картното съдържание.

Въпрос № 6 „**При кой вариант беше по-ясен инструмента за измерване на разстояние?**“ е подобен на въпроса за измерване на площ (Фиг. 8.6 нов *а*, оригинален *б*). Инструментът изчертава прекъсната червена линия, което го обозначава като активен, а резултатът включва размереното разстояние в ясна линейна мярка – километър. Допълнително има опция за показване на стойността на посочен ъгъл в градуси.



Фигура 8.6. *а)* Резултат от използване на инструмент за измерване на дължина.



б) Резултат от използване на инструмент за измерване на дължина.

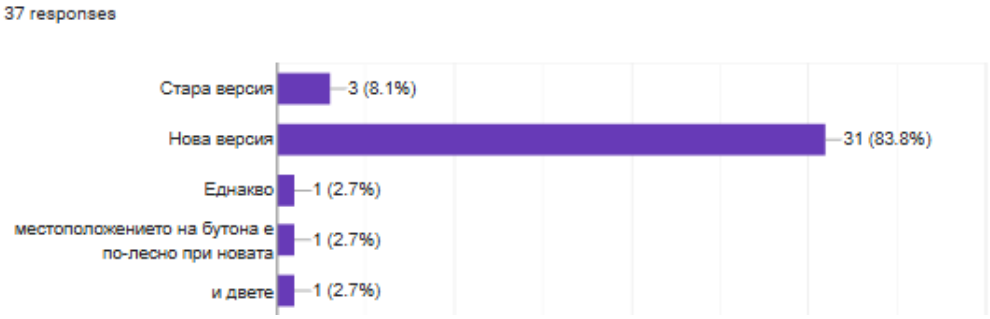
И тук новото местоположение на инструмента (вляво, възходящо от картата) е по-добро, а иконата му е по-модерна и интуитивна (84%). За разлика от инструмента за измерване на разстояние при оригиналния вариант - знак за линийка, той е **абстрактен символ**, който може да означава размери, мащаб или настройки. Новият дизайн залага на по-съвременен избор, използван в приложения като ArcGIS Enterprises, QGIS, Mapbox, Google Earth, където иконата с двупосочни стрелки. Тази икона със стрелките наляво–надясно и скала отдолу **еднозначно подсказва**, че потребителят ще измерва разстояние между две точки, т.е. лесно предсказуема за участниците за какво би отговарял този интерактивен инструмент. Следователно може да се заключи, че при проектирането на функционалността за измерване на разстояние в уеб карта е препоръчително да се

използва сходен символ за измерване между точки, тъй като е по-различим и обособим, че те отнася до определяне на линейна дистанция.

Въпрос № 7 „***Върнете общия изглед на картата. При кой вариант беше по-лесно?***“ проверява как участниците са върнали изглед от уеб картата в началната позиция. Тук за разлика от останалите базови начини за местене по карта, използвайки периферията на компютъра или тъчскрийн/тъчпад при мобилни средства, наличието на бутон за връщане е предпочитано. Това улеснява и забързва работата на потребителите, отколкото ръчно с промяна на мащаба или zoom до пълен изглед.

При новия вариант бутонът за „Връщане към общ изглед“ е изнесен отделно от основните бутони. Той е в друга група заедно с близките до неговата функционалност бутоните за „Приближаване“ и „Отдалечаване“.

Разделянето на бутоните на две смислови групи – базови операции (отдалечаване, приближаване, общ изглед) и аналитични операции, показва предимство и при резултатите (Фиг. 8.7).



Фигура 8.6. Резултатите за използване на опцията за „Връщане назад“.

За да се отличават двете групи, те са позиционирани различно спрямо картата - вляво аналитичните инструменти, а центъра под картата базовите. Това не е случайно, напротив решението за местоположението е в резултат от експеримента, проведен с чешки участници, които използваха система за следене на погледа Pupil Labs Neon. По този начин нараства удовлетворителността и скоростта на четене и възприемане на наличната функционалност.

Предпоследният въпрос № 8 ***„Кой дизайн е по-интуитивен, бърз и адаптивен?“*** показва предимство новия дизайн. В свободен текст е пояснено, кое е по-удобно при новия вариант (по-ясни икони и разположение) на съдържание на уеб картата в Министерство на отбраната.

При последния въпрос № 9 „***При коя версия имахте нужда от съдействие?“*** се вижда, че повечето потребители (59.5%) не са успели да се справят самостоятелно с оригиналния вариант на уеб картата на Министерство на отбраната. Все пак има и участници, които не са се нуждаели от съдействие. В свободен текст участници са изразили мнението си както за новата уеб карта, така и за старата.

Резултатите нагледно демонстрират как при различен дизайн на извънкартните елементи в съдържанието на една уеб карта оказва пряко влияние върху нейния цялостен смисъл и възприемане. Представеният принос се изразява в създаването на нова уеб карта с подобрен дизайн, който е резултат от

анализираната литература и използваният метод за следене на погледа, анкети и статистическа обработка на данни. [Принос 10]

В заключение към момента работата с българския геопортал с пространствени данни по директивата INSPIRE на Министерство на отбраната не е достатъчно интуитивен, адитивен и лесен за използване. При новия дизайн интерфейсът на картата е значително опростен и по-изчистен, инструментите използват нова икони на изобразяване, а данните се зареждат по-ефективно. Менюто е логично подредено, с удобно позициониране на мащаба и координатите, а размерът на текстовите елементи около картата е оптимизиран за по-добра четимост. Добавени са нови функционалности като различни видове базови карти и инструмент за търсене с опция за подробно търсене по категории на данните (Фиг. 8.8).



Фигура 8.8. Нова функционалност – добавяне на базови карти (basemap).

За цялостното разбиране на пространствената информация и от непрофесионалисти има по-подробна информация за координатна система и проекция, които липсват в текущата версия на уеб картата.

Разясняването на използваната координатна система води до яснота у потребителите, тъй като геопорталите се използва от неограничен ползватели и техните нужди. Върху новата уеб карта е проектиран само линейният мащаб, тъй като той предоставя достатъчна информативност за потребителите и елиминира необходимостта от допълнително използване на числов мащаб. Като допълнителен продукт е създадена и мобилна версия на новия дизайн и структура на геопортала на Министерство на отбраната (Фиг. 8.9).



Фигура 8.9. Мобилна версия на ГИС на Министерство на отбраната.

Потребителските тестове и резултати ясно очертават необходимостта от целенасочено усъвършенстване на уеб картите и геопорталите особено когато се използват от широка и разнородна аудитория (INSPIRE). На база установените слабости и потенциала за бъдещи подобрения възниква необходимостта от формулиране на финални препоръки, които да подпомогнат бъдещото развитие, адаптивност и ефективност на български геопортали и тяхното картографско съдържание.

8.2. Препоръки за функционалност

На базата на направения сравнителен анализ, проведените потребителски експерименти и тестове с проследяване на погледа (eye-tracking), може да се заключи, че разработеният нов уеб дизайн представлява валидирана, научно обоснована методология за оптимизация на картографски интерфейси. Той комбинира данни от:

1. Емпирични наблюдения върху реални геопортали,
2. Международни потребителски предпочитания (експериментът в Бърно),
3. Специализирани потребители (студенти по картография, геодезия и фотограметрия),
4. Структурен анализ на функционалностите в български INSPIRE геопортали.

Така разработените препоръки може да бъде модел за подобрение на други български геопортали, включително тези на кадастъра, ГИС София, Министерство на околната среда и водите, Фонд Земеделие, общински ГИС портали и др. [Принос 9]

В тази глава е изготвен списък с препоръки и картографски дизайни за подобрен картографски интерфейс. За систематизирането на проблемите са използвани анализите за слабостите на няколко български платформи от предходната глава, както е данните от въпросите за предпочитание, проведени в Бърно, Чехия. Комбинирането на мнението чрез събиране на данни за най-ефективно съдържание на извънкартните елементи, дава по-описателно заключение в областта. Обобщавайки идентифицираните проблеми при употребата на уеб картите, става ясно, че за да се подобри тяхната ефективност и удобство, е необходимо да се насочат усилия към конкретни аспекти на промяна. На базата на дълбокия анализ, може да се формулират очаквания и предпочитания за елементи, които биха обогатили функционалността и улеснили работата с уеб карта.

Наученият принос се изразява в изготвянето на структурирана типология на грешките при българските геопортали, включително: [Принос 6]

- ✓ Скрити или неинтуитивни инструменти;
- ✓ Сложна структура на слоевете;
- ✓ Липса на видим и лесен за използване инструмент за търсене;
- ✓ Бавна работа с менюта;
- ✓ Затруднения при измервания;
- ✓ Малък, трудно четим текст;
- ✓ Недостатъчно ясно дефинирани картографски знаци;
- ✓ Неподредена йерархия на основни и аналитични инструменти.

Изработеният нов уеб дизайн на Министерството на отбраната води до съществени подобрения в различни интерфейсни компоненти. Ефективността на новия дизайн е доказана чрез количествени данни, получени от добре подготвен

потребителски тест. Резултатите от 37 участници показват статистически значими подобрения, сред които:

1. Значително по-интуитивно взаимодействие. Участниците оценяват интуитивността на новия дизайн с над 80% положителни отговори.
2. По-добра ориентация и по-ефективна навигация в уеб картата;
3. Оптимизирано управление на слоеве, структурирани по логически категории. Лесната навигация, бързина и управление със слоевете са насочени към вниманието и концентрацията на потребителите.
4. Видим и разширен инструмент за търсене с филтри;
5. Ясни, модерни иконографски решения – за получаване на информация, измерване на разстояние или площ и други;
6. Подобрена визуална йерархия чрез разделяне на базови и аналитични инструменти;
7. Повишена ефективност при измерване на разстояния и площи;
8. По-висока достъпност за непрофесионалисти чрез метаданни за картографските елементи – мащаб, легенда, мерни единици, източник, вид на данните и други.

Разработена е цялостна методологична рамка за оценка и анализ на функционалността и картографския дизайн на уеб карти. Към обобщението влизат и изводи на база анализа на структурното съдържание на най-известните уеб карти и геопортали в България. Рамката включва следните елементи:

- ✓ *Стандартизирани места за инструменти.*
- ✓ *Оптимизирано представяне на мащаба.*
- ✓ *Прилагане на четлив и адаптивен шрифт*.
- ✓ *Видима и разширена функционалност за търсене.*
- ✓ *Съобразяване на броя на функционалностите с потребителските нужди.*
- ✓ *Унифицирана иконографи.*
- ✓ *Изисквания за представяне на картографска мета информация.*

Във функционален аспект се препоръчват следните решения за повишаване на достъпността:

- ✓ Да се проектира плавно местене (pan) по картата без т.нар. „засичане“ на картното съдържание.
- ✓ Да се получава информация на обект от картата директно при неговото избиране или чрез активиране на подсказка върху него.
- ✓ Избягване проектирането сложни менюта.
- ✓ Възможност за прилагане на персонализирани елементи.

Тази методика може да бъде използвана като универсален модел за модернизация на български геопортали, систематизирайки конкретни и приложими препоръки. Заключенията потвърждават необходимостта от стандартизиран интерфейс подход в българските геопортали, базиран на картографски изисквания и добро потребителско изживяване.

Като перспектива за бъдещи изследвания се очертава необходимостта от разширяване на потребителската извадка, провеждане на дългосрочни A/B тестове,

анализ на различни базови карти и символика, разработване на адаптивни интерфейси според потребителското поведение, както и задълбочено сравнение между мобилни и настолни версии на геопорталите.

Конкретните препоръки служат като основа за стандартизация на уеб картографско съдържание в България.

8.3. Препоръки за картографските знаци и легенди

В тази подточка от главата се обобщават резултатите от проведения експеримент в глава V като се извеждат препоръки за добри картографски практики при създаването на картографски знаци чрез визуални променливи, както и за оформяне на знаковите системи и легенди с артикулация.

8.3.1. За структуриране на картографски знаци

Една от целите на дисертационния труд е да се изведе унифициран подход към използване на ефективни визуалните променливи (цвят, форма, размер) и техните комбинации (цвят и размер, светлост и ориентация и други). Това води до по-оптимално комбиниране на визуални променливи (цвят, форма, размер и ориентация) за подобряване четимостта и точността на картите, особено при задачи за визуално търсене (при планинско ориентиране например). На база резултатите от изследването в Глава V е изведен списък с препоръки за ефикасно картографско проектиране при уеб картите. Сред по-конкретните изводи за препоръки попадат: [Принос 9]

- Броят на визуалните променливи влияе върху времето за визуално търсене, но не линейно

Настоящото изследване допринася картографската визуализация, като показва, че увеличаването на броя на визуалните променливи в знака води до нарастване на когнитивното натоварване, но не и до пропорционално увеличаване на времето за търсене.

- Субективната оценка на картографските знаци при уеб карта е надежден индикатор за нейната ефективност

Експериментално е доказана силната връзка между субективната оценка за трудност и обективните показатели за ефективност при картографските знаци. Когато потребителите възприемат знаците като по-лесни, те изпълняват по-бързо и с по-висока точност визуалното търсене. Установената връзка между мнението на потребителите, времето за откриване на знака и процента на верните отговори показва, че потребителското възприятие може да се използва като практичен и универсален критерий при оценка и проектиране на уеб картографски визуализации и знакови системи.

- Използването на една визуална променлива не гарантира най-бързо откриване на обект

Картографски знаци, кодирани само с една-единствена променлива (размер, цвят, ориентация, форма) не гарантира минимално време за визуално търсене. Ефективността на визуалното търсене се определя не само от броя на визуалните променливи, а от контекста, в който те са използвани, и от когнитивното усилие, необходимо за интерпретацията им.

- Използване на ориентацията като водеща визуална променлива

Ориентацията се доказа като най-бързо разпознаваема и същевременно една от най-точните (топ 3 по верни отговори) визуална променлива. Допълнително с това е и най-високо оценена от потребителите за ясна, бърза и разбираема променлива. Дори при комбинации от три или четири визуални променливи, тези ***които използват ориентация дават времеви резултати и потребителското мнение – вотът, близко до тези само с две или без други визуални променливи.*** Това обобщава, че задачите с повече променливи не винаги са по-трудни, но имат по-голям потенциал за грешки. Поради това ориентацията се препоръчва като основна визуална променлива при задачи за посока, движение и навигация, тъй като осигурява бързо и интуитивно възприемане, особено при потребители с картографски опит. Ефектът ѝ е най-силен при насочени знаци (движение на обекти, вятър и др.).

- Цветът е най-безспорно приложимата визуална променлива

Картографските знаци трябва да бъдат проектирани така, че да минимизират когнитивната натовареност и да подпомагат бързото визуално търсене. При желание да се използват визуални променливи за предаване на информация еднозначно и непротиворечиво в уеб картите, се препоръчва да се залага на цвета. Доказа се, че въпреки че не е най-бързата и предпочитана променлива сред участниците на експеримента, цветът почти безгрешно е определен. В противен случай използването на други променливи води до по-висок процент погрешно идентифицирани обекти върху картата, което намалява ефективността на картографския дизайн.

- Предпочитане на избягване персонализирани форми

Резултатите показват, че персонализираните форми (напр. самолети с променени крила) са трудни за бързо и точно разпознаване. При желание да се използва формата като променлива за съставяне на знакова система, се препоръчва тя трябва да бъде базирана на ясни, прости и различими геометрични знаци. В противен случай тя може да усложни картата и да доведе до забавяне и грешки.

- Размерът е по-водещата променлива от цвета

По-големите знаци се откриват първи, дори при използването на по-контрастни цветове, т.е. размерът е доминиращият атрибут при задачи за визуално търсене.

- Централната позиция на обекти от уеб карта подпомага тяхното бързо откриване само при наличие на доминираща променлива

Анализът на честотата при откриване на знаци от уеб карта и на траекториите на взаимодействие показва, че централно разположените знаци се откриват по-бързо само когато техният размер превъзхожда този на останалите знаци. Самото централно позициониране, без допълнителна визуална доминанта, не гарантира предимство при визуалното търсене.

- Избор на визуални променливи според целта на картографската комуникация

Изборът на визуални променливи трябва да се прави в зависимост от приоритетите на картографската задача. Ако целта е адекватно разпознаване на знака, се препоръчва използването на променливата ***цвят***, тъй като той осигурява висока различимост и лесно усвояване от потребителите. Ако се цели бързо визуално откриване, подходящо е използването на ***ориентацията*** при естествено насочени знаци (автомобили, влакове,

самолети) тъй като те позволяват по-лесно разбиране и различаване на обектите. Когато ориентацията не може да бъде естествено използвана (при водни обекти, растителни или технически), ***размерът*** е най-ефективна графична променлива за бързо разпознаване сред останалите знаци от уеб картата. Ако ***формата*** е желаната променлива, която се използва като отличителен белег на знака, се препоръчва да се избягва нейният персонализирания дизайн.

- Ефективността при работа с уеб карти зависи в по-голяма степен от общи когнитивни умения, отколкото от предходна специализирана подготовка

Съществува предпоставка за бъдещо разширяване на настоящото изследване.

8.1.2. За структуриране на легендите

Ефективността на знаковата система е ключов фактор за точността на разчитане на картата и скоростта на изпълнение на задачи. В легендата трябва да се структурирани, ясно разграничими и логично подредени знаци позволяват бързо и правилно интерпретиране на пространствените данни.

В резултат на проведеното изследване с използване не система за следене на погледа Pupil Labs Neon могат да се направят изводи до най-ефективното структуриране на легенди за знаци с двойна артикулация. [Принос 9]

- Подходящ избор на тип легенда според целевата аудитория

Препоръчва се при потребители с висока картографска грамотност да се използва тази структура на легендата, тъй като те могат да комбинират отделните елементи в знаци с двойна артикулация. Обратно, при деца и ученици е удачно знаците да се представят в легендата във вида, в който те се срещат върху картата, за да се разпознават те по-лесно и бързо.

- Избор на тип легенда според сложността на картографската задача

При сложни картографски задачи, изискващи комбиниране на множество характеристики на знаците (например идентифициране на обект сред сходни знаци по различни атрибути), разширената и подробна легенда значително подпомага визуалното търсене и правилното категоризиране на обектите. Обратно, при прости или еднократни задачи - при търсене на конкретна зона на интерес от уеб карта - магазин, ресторант или спирка, комбинираният вид легенда е по-ефективна, тъй като улеснява локализиране на обекта.

- Зависимост между вида на легендата и продължителността на работа с картата

Легендите, представящи знаците с двойна артикулация в комбиниран вид, позволяват по-бързо първоначално възприемане и по-кратко време за откриване на обектите.

- Ефективност на системите за проследяване на погледа като инструмент за емпирично доказване на зависимостите между картографски дизайн на легенди и потребителското взаимодействие.
- Специфика при използване на линейни знаци

Въпреки графичната си простота и независимо от структурата на легендата, линейните знаци изискват повече време за възприемане в сравнение с немащабните знаци от тип пиктограми.

- Предимство на визуално простите и логично структурирани знаци

При използване на немащабни знаци с двойна артикулация се препоръчва проектиране на легенда от прости и логично подредени графични примитива.

Потребителските тестове, фиксациите на погледа и времето за изпълнение на задачите доказват, че внимателното планиране на знаковата структура в областта на легендата, е критично за ефективната картографска комуникация.

В тази Глава 8 се предлага препоръките за подобряване на картографския дизайн и знаците на уеб карти. Препоръките обхващат трите компонента на уеб картите – знаци, легенда и навигационно-функционален дизайн. Това интегриран подход цели да увеличи ефикасността и функционалността на геопорталите и техните уеб карти в българските министерства и организации. Препоръките за структуриране на ефективни картографски визуализации, изискват най-напред да се анализира избора на вида и броя визуални променливи според целта на картографската комуникация, а след това да се използват доминиращи, или безпогрешно интерпретирани променливи. Съветва се и местоположението на знаците и неговото влияние върху разбирането и възприемането на картата. Легендата следва да бъде логично структурирани и да се състои от визуално простите съставни елементи на знака (при знак с двойна артикулация). Изборът на вид структура на легендата да се съобразява с целевата аудитория, сложността и продължителността на картографските задачи при работа с картата.

Препоръки за ефективност засягат и навигационно-интерактивните елементи при уеб картите. Основният фокус е върху интуитивен интерфейс, който се помага на взаимодействието и работата с уеб картата. Препоръките наблягат върху търсене на решения за по-добра ориентация и организация на компоненти като слоевете със картографско съдържание, инструмент за търсене с филтри, инструменти за измерване на разстояния и площи, мащаб и легенда. За по-широка достъпност на уеб картите и геопорталите и от непрофесионалисти, съветва да се наблегне на използването на повече метаданни за мерни единици, вид на източника и на данните, честота на тяхното обновяване и други.

Финалният картографски продукт демонстрира как чрез прилагането на препоръките, формирани на база емпирични изследвания и тестове в проведени рамките на дисертационния труд, се изработва нов лесно-използваем и пълноценен дизайн и оформление на действащия към момента геопортал към Министерство на отбрана.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализът за ефективно проектиране и съставяне на уеб карти и тяхната функционалност разгледа начините, по които визуалната и знакова информация влияе на разбирането и взаимодействието на потребителите. Изследването се фокусира върху двата основни аспекта. Първият аспект включва знаците и тяхното значение в легендите при уеб картите, като се анализират техните ефекти върху потребителското изживяване и точността на интерпретацията, както и на скоростта за възприемане на пространствената информация. Вторият аспект представи изследване на функционалността на уеб картата, която е в основата на интерактивността и комуникацията с потребителя. При двата аспекта се събират и анализират данни от експерименти, проведени в София (България) и Бърно (Чехия), използвайки технологии за „улавяне“ на потребителски кликвания, време за изпълнение и „прихващане“ потребителския поглед чрез система за следене на погледа. Нещо повече в изследването се представи освен ефективност при създаване на знаци и легенди, а също и за удобен интерактивен дизайн на картографски продукт, посредством ефикасни бутони за действие, коректно разположение и ясно значение.

Анализът на националните геопортали показа, че те често страдат от прекомерна и неясна функционалност, пропуски на значими картографски елементи, объркващо картографско изобразяване, което води до намалена четливост и забавяне скоростта на възприемане на важната географска информация.

Що се отнася до функционалността, тя повишава потребителското преживяване, но е важно елементите на интерфейса да бъдат ясно обозначени с интуитивен интерфейс и функция, които да не отвличат вниманието и да затрудняват ориентацията. Навигацията трябва да бъде интуитивна, така че да се гарантира плавно взаимодействие, независимо от нивото на опит на потребителя.

Като краен продукт са разработени списъци с препоръки за ефикасни практики при проектирането на картографските знаци, легенди и на цялостната уеб функционалност на картите. Накрая е представен нов дизайн на съществуваща уеб карта в геоинформационния портал на Министерството на отбраната, който е оценен от доброволни участниците.

Изследването се опитва да наложи една по-добра практика при картографския уеб дизайн включващ стандартизация, подобряване на достъпността, съвместимост, интуитивност и бързина на картите, като това може да се обогати с периодично допитване до потребители, обратна връзка, тестване чрез методи като следене на погледа (eye-tracking) за оценка на възприемането на различните визуални решения. Спазването на изведените препоръки в последната глава цели да повиши ефективността на комуникацията с уеб картите и да осигури по-лесен и приятен достъп до пространствената информация за голям кръг потребители.

Цитирани източници

Бандрова, Т. (2001). Знакова система за тридименсионални [3D] карти на населени места.

Берлянт, А. (2003). Картоведение.

Василев, С. (2012). Топографската знакова система.

Василев, С. (2022). Основи на картографирането. Университет по архитектура, строителство и геодезия.

Bertin, J. (1960). Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps. ESRI Press.

Bertin, J. (1983). Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps. University of Wisconsin Press.

Blok, C. (1998). Dynamic visualization in a developing framework for the representation of geographic data. Cybergeo. https://doi.org/10.4000/cybergeo.509

Brus, J., Kucera, M., & Popelka, S. (2019). Intuitiveness of geospatial uncertainty visualizations: A user study on point symbols. Geografie, 124(2), 163–185.

Brychtova, A. (2012). Eye-Tracking methods for investigation of cartographic principles. 2, 1041–1048.

Çöltekin, A. H. (2009). Evaluating the effectiveness of interactive map interface designs: A case study integrating usability metrics with eye-movement analysis. Cartography and Geographic Information Science, 36(1), 5–17.

DiBiase, D., MacEachren, A. M., Krygier, J. B., & Reeves, C. (1992). Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization. Cartography and Geographic Information Systems, 19(4), 201–214. https://doi.org/10.1559/152304092783721295

Gartner, G. P. (2023). Confirming cross-cultural differences in map design perception. Abstracts of the ICA, 6(1–2), 70. https://doi.org/10.5194/ica-abs-6-70-2023

Goldberg, J. H. (1999). Computer Interface Evaluation using Eye Movements: Methods and Constructs. International Journal of Industrial Ergonomics, 24, 613–645.

Golebiowska, I. O. (2020). Breaking the Eyes: How Do Users Get Started with a Coordinated and Multiple View Geovisualization Tool? Cartographic Journal, 57, 235–248. https://doi.org/10.1111/0033-0124.5502003

Hassenzahl, M. (2006). User experience: A research agenda. Behaviour and Information Technology, 25, 91–97.

Holmqvist, K., Nystrom, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Methods and Measures. Oxford University Press.

Hub, M. V. (2011). Heuristic evaluation of Geoweb: Case study. 142–146.

ISO. (1998). ISO 9241-11: Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs). International Organization for Standardization.

ISO. (2015). ISO 9001:2015: Quality management systems—Requirements. International Organization for Standardization.

ISO. (2018). ISO 9241-210: Ergonomics of human-system interaction—Part 210: Human-centred design for interactive systems. International Organization for Standardization.

Kinkeldey, C., & Schiewe, J. (2018). Representing Uncertainty. B Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (Том 2018). https://doi.org/10.22224/gistbok/2018.2.3

Korycka-Skorupa, J., & Golebiowska, I. (2021). Multivariate mapping for experienced users: Comparing extrinsic and intrinsic maps with univariate maps. Miscellanea Geographica, 25(4). https://doi.org/10.2478/mgrsd-2020-0068

Kraak, M. J. (2001). Settings and needs for web cartography. В M. J. Kraak (Ред.), Web Cartography: Developments and Prospects (стр. 1–7). Taylor & Francis.

Kraak, M., & Ormeling, F. (2010). Cartography: Visualization of Spatial Data (3то изд.). Pearson Education.

Langer, A. (2002). New bases of web-maps classification. Proceedings of the International Cartographic Association (ICA).

MacEachren, A. M. (1995). How Maps Work: Representation, Visualization and Design. Guilford Press.

Marinova, S., & Bandrova, T. (2023). Interactive Web Mapping for University Education. Abstracts of the ICA, 6, 156. https://doi.org/10.5194/ica-abs-6-156-2023

Nelson, E. S. (1997). Visual search processes and the multivariate point symbol. Cartographica, 34(4), 19–33. https://doi.org/10.3138/15T3-3222-X25H-35J

Neumann, A. (2008). Web Mapping and Web Cartography. B S. Shekar & H. Xiong (Ред.Кол.), Encyclopedia of GIS (стр. 1261–1269). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-35973-1_1471

Nivala, A.-M., Sarjakoski, L. T., & Sarjakoski, T. (2005). User-Centred Design and Development of a Mobile Map Service. 109–123.

Petchenik, B. B. (1977). Cognition in cartography. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 14, 117–128. https://doi.org/10.3138/97R4-84N4-4226-0P24

Peterson, M. (2003). Maps and the Internet: An Introduction. B M. Peterson (Ред.), Maps and the Internet (стр. 1–16). Elsevier Science.

Pike, W. A. (2009). The science of interaction. Information Visualization, 8, 263–274.

Popelka, S. (2014a). Optimal Eye Fixation Detection Settings for Cartographic Purposes. 4th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO, SGEM 2014. https://doi.org/10.5593/SGEM2014/B21/S8.091

Popelka, S. (2014b). The use of eye-tracking for the evaluation of various cartographic tasks. 14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO, SGEM. https://doi.org/10.5593/SGEM2014/B23/S11.124

Popelka, S. (2019). Eye-Tracking Evaluation of Weather Web Maps. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8(6), 29. https://doi.org/10.3390/ijgi8060256

Popelka, S., & Brychtova, A. (2014). E-learning portal functionality assessment with use of eye-tracking experiment. 11th International Conference on Efficiency and Responsibility in Education (ERIE), 151–158.

Popelka, S., & Dedkova, P. (2013). User Typology Based on Eye-Movement Paths. 13th SGEM GeoConference on Informatics, Geographics and Remote Sensing, 715–722. https://doi.org/10.5593/SGEM2013/B23/S11.124

Šašinka, Č., Stachoň, Z., Čeněk, J., Šašinkova, A., Popelka, S., Ugwitz, P., & Lacko, D. (2021). A comparison of the performance on extrinsic and intrinsic cartographic visualizations through correctness, response time and cognitive processing. PLoS ONE, 16(4). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0250164

Stachoň, Z., & Šašinka, Č. (2020). An eye-tracking analysis of visual search task on cartographic stimuli. 8th International Conference on Cartography & GIS: Proceedings Vol 1, 373–382.

van Elzakker, C., Ormeling, F., Kobben, B., & Cusi, D. (2003). Dissemination of Census Data and Other Statistical Data through the Web. B M. Peterson (Ред.), Maps and the Internet (стр. 57–75). Elsevier Science.

Veenendaal, B., Brovelli, M. A., & Li, S. (2017). Web mapping: Eras, trends and directions. ISPRS International Journal of Geo-Information, 6(10), 317. https://doi.org/10.3390/ijgi6100317

Yi, J. S. (2007). Toward a deeper understanding of the role of interaction in information visualization. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 13, 1224–1231.

Zejdlik, J., & Vozenilek, V. (2025). Exploring Cartographic Differences in Web Map Applications: Evaluating Design, Scale, and Usability. ISPRS International Journal of Geo-Information, 14(1), 9. https://doi.org/10.3390/ijgi14010009

Справка за приносите в дисертационния труд

Научни приноси

Принос 1. Предложена е систематизирана класификация на методите за оценка на качеството на уеб картите, която включва: *методи за оценка на съдържанието, методи за анализ на използваемостта и потребителското преживяване, технологично-функционални методи, визуално-картографски методи и допълнителни методи.*

Принос 2. Въведен е комбиниран подход за анализ на потребителското поведение при работа с уеб карти, чрез: *регистриране на реални потребителски кликове и взаимодействия, измерване на време за изпълнение и допуснати грешки и анкетно проучване, интегрирано в уеб средата за събиране на субективна оценка*. Целта е да се изследва връзка между обективното потребителско поведение и субективното възприятие за бързина и трудност.

Принос 3. За първи път са експериментално изследвани два типа структурирани легенди при немащабни знаци и линейни знаци с двойна артикулация, чрез практически задачи в уеб карта:

- легенда с отделно представяне на структурните базови и допълнителни елементи;
- легенда с комбинирано представяне на знаците във вида, в който функционират на картата.

На база експерименталните резултати са формулирани условия за приложимост в зависимост от картографската задача.

Принос 4. Приложени са системи за следене на погледа за анализ на визуалното възприемане на легендата и картата, като са изследвани: броя, честотата и местоположение на фиксациите върху легенда и карта. Получените показатели разкриват зависимости, които не могат да бъдат установени чрез традиционни методи за оценка.

Принос 5. Проведено е изследване с голям брой участници, насочено към анализ на визуалните променливи в уеб картографската визуализация – цвят, размер, форма, ориентация и техните комбинации. На база на резултатите са изведени експериментално обосновани обобщения за най-ефективни визуални решения при уеб карти, които водят до по-малко грешки при работа с тях. Установена е зависимост между доминантността

на визуалните променливи цвят и размер, както и влиянието на пространственото разположение върху първоначалното визуално възприятие за откриване на обекти.

Принос 6. Изготвена е структурирана типология на трудностите при работа с български геопортали.

Принос 7. Създадена е актуализирана класификация за видове уеб карти, която интегрира съвременни тенденции в картографията. Тя допълва съществуващите в литературата класификации, като въвежда нови техническо-функционално възможности, които отразяват сегашните потребителски нужди.

Научно-приложни приноси:

Принос 8. Направен е сравнителен анализ на интерактивните, навигационните и знаковите елементи на национални геопортали, с цел оценка на тяхната функционалност, картографска ангажираност и използваемост.

Принос 9. Формулирани са научно обосновани препоръки за повишаване ефективността на уеб картите, базирани на интегриран анализ на картографските знаци, структурата на легендите и интерактивно-навигационния дизайн. За разлика от съществуващите изследвания, които разглеждат тези елементи поотделно, дисертационният труд оценява уеб картата като цялостна система и предлага практически приложими насоки за оптимизация на картографската комуникация и потребителското взаимодействие.

Приложен принос:

Принос 10. Разработен е нов уеб картографски дизайн на съществуваща българска ГИС платформа, базиран на резултатите от проведените експерименти и анализи. Новият дизайн е емпирично тестван с 37 участници, като резултатите показват повишена ефективност спрямо първоначалната версия.

Публикации на автора, свързани с дисертационния труд

1) Николова Н., Класификация на системите за следене на погледа с приложение в картографията - Доклад на XXXIV Международен симпозиум „Съвременните технологии, образованието и професионалната практика в

геодезията и свързаните с нея области “. ФНТС – СГЗБ. 2024, стр. 254-264, Прочети статия

2) Николова Н., Напредък в системите за проследяване на погледа и тяхната роля в картографията – Статия в Годишника на Университета по архитектура, строителство и геодезия, София, Брой 1, Том 58, ISSN 2534-9759, стр. 95-112; 2025, Прочети статия

3) Николова Н., Класификация на системите за следене на погледа с приложение в картографията, сп. Геодезия, Картография, Земеустройство, бр. 5-6/2024 год. LXIII, ISSN 0324-1610, стр. 21-27, Прочети статия

4) Nikolova N., Eye Tracking In Cartography: Research On The Perception Of Symbols And Sign Systems In Web Maps, E-Proceedings, 9th International Conference on Cartography and GIS, pages 1050-1056, July 2024, June, Nessebar, Bulgaria, ISSN: 1314-0604, Прочети статия

5) Nikolova N., Exploring Visual Variables for Effective Web Cartography, Cartography and Geoinformation 2025, Vol. 24 No.43, pages 24-43, ORCID: 0009-0000-0235-1961, Croatian scientific and professional journals – HRČAK Kartografija i geoinformacije, Прочети статия

6) Nikolova N., Understanding the Structural Design of Point and Linear Symbols in Web Mapping, Cartography and geoinformation 2025, Vol. 24, No.44, pages 44-57, ORCID: 0009-0000-0235-1961, Croatian scientific and professional journals – HRČAK Kartografija i geoinformacije, Прочети статия