



Understanding the Structural Design of Point and Linear Symbols in Web Mapping

Nikoleta Nikolova

University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Department of Photogrammetry and Cartography, bul. Hristo Smirnenski, 1046, Lozenets, Sofia region, Bulgaria
nikoletan765@gmail.com (ORCID: 0009-0000-0235-1961)

Abstract: The theory of cartographic articulation (design) of symbols deals with the analysis of the structure and meaning of cartographic symbols. Articulation supports the creation of more effective maps. It contributes to cartographic practice by enabling the optimization of visual design and enhancing user understanding when working with web maps. From the point of view of articulation, the symbols are separated into groups: symbols without articulation (cannot be divided into simpler parts); symbols with a single articulation (the components, of which they are composed, do not have their own meaning) and symbols with a multiple articulations (they consist of two or more elements that have their own meaning).

The general meaning of articulation symbols carries more information than the sum of the meanings of their components. The big advantage of their usage is economy and easiness. They allow to encode more information in them without requiring the creation of many new symbols.

This article aims to investigate how varying levels of articulation in cartographic symbols affect their readability, as well as users' reading speed and accuracy when interacting with a web map successfully.

Keywords: cartographic symbol system, articulation of the symbols, meaning of symbols, semiotic economy, duration

1 Introduction

The effectiveness of a map depends largely on the clarity and structure of its visual language. The cartographic symbol serves as a means of modelling real-world objects. Its essence can be viewed as threefold: a graphic – the symbol itself as a visual element on the map; a meaning – the idea conveyed by the symbol, and representation of a real-world object – the symbol's ability to model a particular object (Vasilev 2003). Their design and interpretation have long been the focus of

cartographic theory, yet the internal structure and articulation of these symbols remain insufficiently explored.

As noted by Harrie, Stigmar and Djordjevic (2015), map readability focuses on the possibility of discerning map symbols – separating individual symbols and distinguishing them from the background – as well as on the ease of reading, interpreting, and comprehending a map. This highlights that legibility and perceptual differentiation are core aspects of cartographic communication. However, most studies have focused on visual clarity rather than on the deeper structural organization of



Razumijevanje strukturnog dizajna točkastih i linearnih znakova u web kartografiji

Nikoleta Nikolova

Sveučilište za arhitekturu, građevinarstvo i geodeziju, Odjel za fotogrametriju i kartografiju, bul. Hristo Smirnenski, 1046, Lozenets, Sofija, Bugarska
nikoletan765@gmail.com (ORCID: 0009-0000-0235-1961)

Članak je na hrvatski jezik preveo V. Lapaine.
The paper was translated into Croatian by V. Lapaine.

Sažetak: Teorija kartografske artikulacije (oblikovanja) znakova bavi se analizom strukture i značenja kartografskih znakova. Artikulacija podržava stvaranje učinkovitijih karata. Doprinosi kartografskoj praksi omogućujući optimiranje vizualnog dizajna i poboljšavajući razumijevanje korisnika pri radu s web kartama.

S gledišta artikulacije, znakovi se dijele u skupine: znakovi bez artikulacije (ne mogu se podijeliti na jednostavnije dijelove); znakovi s jednom artikulacijom (komponente od kojih su sastavljeni nemaju vlastito značenje) i znakovi s više artikulacija (sastoje se od dva ili više elemenata koji imaju vlastito značenje).

Opće značenje artikulacijskih znakova nosi više informacija nego zbroj značenja njihovih komponenti. Velika prednost njihove upotrebe je ekonomičnost i jednostavnost. Omogućuju kodiranje više informacija u njima bez potrebe za stvaranjem mnogih novih znakova.

Cilj istraživanja bio je istražiti različite razine artikulacije kartografskih znakova i kako one utječu na njihovu čitljivost, na brzinu čitanja i točnost korisnika prilikom uspješne interakcije s web kartom.

Ključne riječi: kartografski sustav znakova, artikulacija znakova, značenje znakova, semiotička ekonomija, trajanje

1. Uvod

Učinkovitost karte uvelike ovisi o jasnoći i strukturi njezina vizualnog jezika. Kartografski znak služi kao sredstvo modeliranja objekata iz stvarnog svijeta. Njegova se bit može promatrati trostruko: grafika – sam znak kao vizualni element na karti; značenje – ideja koju znak prenosi i prikaz objekta iz stvarnog svijeta – sposobnost znaka da modelira određeni objekt (Vasilev 2003). Njihov dizajn i interpretacija dugo su bili u fokusu

kartografske teorije, no unutarnja struktura i artikulacija tih znakova ostaju nedovoljno istraženi.

Kao što su primijetili Harrie, Stigmar i Đorđević (2015.), čitljivost karte usredotočuje se na mogućnost prepoznavanja znakova na karti – odvajanje pojedinačnih znakova i njihovo razlikovanje od pozadine – kao i na lakoću čitanja, tumačenja i razumijevanja karte. To naglašava da su čitljivost i perceptivna diferencijacija ključni aspekti kartografske komunikacije. Međutim, većina istraživanja usredotočila se na vizualnu jasnoću,

Table 1 Communication in Wilber's Quadrants.
Tablica 1. Komunikacija u Wilberovim kvadrantima.

Perception of World / Percepcija svijeta	Physical World / Fizički svijet
Perception of the symbol and interpretation of meaning / Percepcija znakova i interpretacija značenja	Alphabetic: Structure of the Symbol / Abeceda: Struktura znakova
Communication / Komunikacija	Functioning / Funkcioniranje
Origin and Meaning Cartographic Symbolism / Ishodište i značenje kartografskih znakova	Map Structure, Cartographic Codes / Struktura karte, sustav ugovorenih znakova

symbols that underpins meaning. Gong, Lan and Ti (2023) argue that, although many studies on the construction of map symbols have been conducted, the formal representation of map symbols has not been considered deeply. They emphasize that such formal representation is fundamental to the automated construction of map symbols and, thus, to the mathematization of cartographic theory.

This insight aligns directly with the concept of cartographic articulation, which examines how symbols can be divided into elementary units for systematic analysis and improved communicative precision. Furthermore, Bartoněk and Andělová (2022) discusses the issue of symbol unification in digital cartography, noting that part of this project was the study of cartographic symbols, the possibility of unifying the set of symbols in an international context, and their use in digitized map products.

This international and digital perspective underlines the growing need for coherent symbol systems that balance graphic uniformity with semantic accuracy – an issue central to understanding the articulation and structure of cartographic symbols.

Despite the growing number of studies on symbol readability and perception, there has been no research comparing the perception of two map legends constructed in diverse ways according to their semantic elements. A comparative analysis has not been performed regarding the reading time of point and linear symbols, even though such data could lead to practical recommendations for the use of these two legend types. It is assumed that for single object searches, a legend showing the *detailed* symbol structures will be more efficient, while for repeated

searches, a *simplified* legend structure – presenting the symbol's internal meaning – will perform better.

The aim of this study is to examine the influence of the level of articulation of cartographic symbols on their readability, reading speed, and accuracy when interacting with web maps. The main hypothesis is that legends with a simplified structure will require less reading time for point and linear symbols during repeated searches. In contrast, during initial (single) searches, the detailed legend is expected to result in shorter reading times, whereas during subsequent searches, the simplified legend is anticipated to enable faster recognition and interpretation.

By investigating the role of articulation, the division of cartographic symbols into meaningful structural elements – this research seeks to bridge a gap in the existing literature and contribute to a deeper understanding of how symbol structure affects user perception, efficiency, and aesthetic experience in digital cartography.

1.1. Cartographic communication

Cartographic communication is the process of transmitting information through maps, in which the cartographer encodes a message and the map user decodes and interprets it based on their needs, knowledge, and experience. This process involves the interaction between the cartographer's intention and the user's perception, which is influenced by factors such as map design, symbolic representation, and other factors.

The question of the nature of communication allows its elements to be positioned within Wilber's four quadrants (2021) (Table 1). The meaning of a message is much broader than its direct interpretation. The literal meaning of symbols is described in the legend or implied by the traditional use of the symbol to denote a certain object. In their study, Nivala, Sarjakoski and Sarjakoski (2005) examines the role of symbols in web maps. They emphasize that for effective communication in web mapping, users' emotions must be considered by providing an interface and symbols that are as simple and easily understandable.

In the third quadrant is shown that meaning is closely tied both to the individual levels of the symbol's structure and its perceptiveness. Special attention is given to the articulation of symbols – a topic that is usually underestimated in cartographic literature.

From a communication perspective, symbols represent messages. These messages are composed of constituent parts, just as Morse code consists of dots and dashes, sentences consist of words, and words consist of letters. Articulation refers to the division of symbols into their meaningful components.

a ne na dublju strukturnu organizaciju znakova koja podupire značenje. Gong, Lan i Ti (2023) tvrde da, iako su provedena mnoga istraživanja o konstrukciji znakova na karti, formalni prikaz znakova na karti nije dubinski razmatran. Naglašavaju da je takav formalni prikaz temeljan za automatiziranu konstrukciju znakova na karti i, prema tome, za matematizaciju kartografske teorije.

Ovaj uvid izravno se poklapa s konceptom kartografske artikulacije, koji ispituje kako se znakovi mogu podijeliti na elementarne jedinice radi sustavne analize i poboljšane komunikacijske preciznosti. Nadalje, Bartoněk i Andělová (2022) raspravljaju o pitanju objedinjavanja znakova u digitalnoj kartografiji, napominjući da je dio projekta bilo proučavanje kartografskih znakova, mogućnost objedinjavanja skupa znakova u međunarodnom kontekstu i njihova upotreba u digitaliziranim kartografskim proizvodima.

Ta međunarodna i digitalna perspektiva naglašava rastuću potrebu za koherentnim sustavima znakova koji uravnotežuju grafičku ujednačenost sa semantičkom točnošću – pitanje ključno za razumijevanje artikulacije i strukture kartografskih znakova.

Unatoč rastućem broju istraživanja o čitljivosti i percepciji znakova, nije provedeno istraživanje koje uspoređuje percepciju dvaju tumača znakova konstruiranih na različite načine prema njihovim semantičkim elementima. Nije provedena komparativna analiza vremena čitanja točkastih i linijskih znakova, iako bi takvi podaci mogli dovesti do praktičnih preporuka za upotrebu tumača znakova. Pretpostavlja se da će za pretraživanje pojedinačnih objekata tumač znakova koji prikazuje *sažete strukture* biti učinkovitiji, dok će za ponovljena pretraživanja *pojednostavljena* struktura tumača znakova – koja predstavlja unutarnje značenje znakova – dati bolje rezultate.

Cilj ovog istraživanja je ispitati utjecaj razine artikulacije kartografskih znakova na njihovu čitljivost, brzinu čitanja i točnost pri interakciji s web kartama. Glavna hipoteza je da će tumači znakova s pojednostavljenom strukturom zahtijevati manje vremena čitanja točkastih i linijskih znakova tijekom ponovljenih pretraživanja. Nasuprot tome, tijekom početnih (jednokratnih) pretraživanja očekuje se da će sažeti tumač znakova rezultirati kraćim vremenom čitanja, dok se tijekom sljedećih pretraživanja očekuje da će pojednostavljeni tumač znakova omogućiti brže prepoznavanje i interpretaciju.

Istraživanjem uloge artikulacije, podjele kartografskih znakova na smislene strukturne elemente – ovo istraživanje nastoji premostiti jaz u postojećoj literaturi i doprinijeti dubljem razumijevanju načina na koji struktura znakova utječe na percepciju, učinkovitost i estetsko iskustvo korisnika u digitalnoj kartografiji.

1.1. Kartografska komunikacija

Kartografska komunikacija je proces prijenosa informacija putem karata, u kojem kartograf kodira poruku, a korisnik karte je dekodira i interpretira na temelju svojih potreba, znanja i iskustva. Taj proces uključuje interakciju između namjere kartografa i percepcije korisnika, na koju utječu čimbenici poput dizajna karte, prikaza znakovima i drugih čimbenika.

Pitanje prirode komunikacije omogućuje pozicioniranje njezinih elemenata unutar Wilberova četiri kvadranta (2021) (tablica 1). Značenje poruke mnogo je šire od njezine izravne interpretacije. Doslovno značenje znakova opisano je u tumaču znakova ili implicirano tradicionalnom upotrebom znakova za označavanje određenog objekta. U svojem istraživanju, Nivala, Sarjakoski i Sarjakoski (2005) ispituju ulogu znakova na web kartama. Naglašavaju da se za učinkovitu komunikaciju u web kartografiji moraju uzeti u obzir emocije korisnika pružanjem sučelja i znakova koji su što jednostavniji i lako razumljivi.

U trećem kvadrantu pokazuje se da je značenje usko povezano i s pojedinačnim razinama strukture znakova i s njihovom perceptivnošću. Posebna se pozornost posvećuje artikulaciji znakova – temi koja se u kartografskoj literaturi obično podcjenjuje.

Iz komunikacijske perspektive, znakovi predstavljaju poruke. Te su poruke sastavljene od sastavnih dijelova, baš kao što se Morseova abeceda sastoji od točaka i crtica, rečenice se sastoje od riječi, a riječi se sastoje od slova. Artikulacija se odnosi na podjelu znakova na njihove smislene komponente.

Grafički znakovi korišteni na kartama mogu se podijeliti u skupine na temelju njihovog izgleda:

- *Fizički znakovi* – koriste se za prikazivanje stvarnih, opipljivih prirodnih ili umjetnih obilježja Zemljine površine, kao što su planine, rijeke, šume, naselja i prometne mreže. Ti znakovi odražavaju objekte koji imaju fizičku prisutnost u prostoru.
- *Točkasti/znakovi* koji nisu u mjerilu – koriste se za objekte lokalizirane na određenim točkama. Ti znakovi često se prikazuju piktogramima čija je svrha usmjeriti misli prema objektu prikazanom znakom. U nekim slučajevima piktogram prikazuje tipičnog predstavnika vrste objekta. Semantička veza često se koristi između piktograma i prikazanih objekata, na primjer, avion za zračnu luku, sidro za luke, drvo za šumsko područje i drugo.
- *Linijski znakovi* – koriste se za prikaz linijskih objekata na karti (npr. rijeke, ceste, granice itd.). U mjerilu su po duljini, ali ne i po širini. Linijski znakovi mogu imati sljedeća svojstva: smjer, debljinu, strukturu i sastav (ovisno o grafičkim primitivima koji ih tvore).

Graphic symbols used in maps can be classified into groups based on their appearance:

- *Physical symbols* – used to represent real, tangible natural or man-made features of the Earth's surface, such as mountains, rivers, forests, settlements, and transportation networks. These symbols reflect objects that have a physical presence in space.
- *Point/Non-scaled symbols* – used for objects localized at specific points. These symbols are often represented through pictograms, whose purpose is to direct thought toward the object depicted by the symbol. In some cases, the pictogram depicts a typical representative of the type of object. A semantic connection is frequently used between the pictogram and the depicted objects, for example, an airplane for an airport, an anchor for ports, a tree for a forest area, and others.
- *Linear symbols* – used to depict linear objects on the map (e.g., rivers, roads, boundaries, etc.). They are scaled in length but not in width. Linear symbols can have the following properties: direction, thickness, structure, and composition (depending on the graphic primitives that form them).
- *Areal symbols* – used to represent objects that retain their size and contours on the map.

In this dissertation study, primary attention is focused on *non-scaled conventional symbols* and *linear symbols* when designing the legend for a web map.

1.2. Level of articulation in cartography

Visual design and aesthetics of web maps: *analysis of the cartographic symbol system* – this involves evaluating the clarity and legibility of cartographic symbols and colour schemes; *analysing data presentation* – using different methods to visualize the presented data; and performing an aesthetic analysis, which includes subjective judgments of the attractiveness of the web map. Koceva (2003) defines the primary task of cartographic semiotics as the development of the cartographic symbol system, which includes techniques for cartographic representation of symbols, the rules for their construction, and more.

The effectiveness of a cartographic symbol system is assessed using the criterion of *readability*. It is determined by the ease and speed with which symbols are perceived, and is influenced by three parameters: *visual acuity*, *contrast sensitivity threshold*, and *visibility*. Reading a map is a complex process that can be divided into various levels of difficulty.

To estimate the reading speed of cartographic symbols, it is necessary to analyse the articulation applied to them (Vasilev 2012). Articulation refers to the division of symbols into basic (elementary) structural units in

order to examine each one individually. In semiotics, articulation is considered at levels of depth. This approach allows for selecting the most appropriate cartographic symbol systems to denote the studied objects or to express specific meanings.

It is important to note that articulation refers to the division of symbols based on their meaning (primarily semantic) rather than their physical components. The general theory of articulation, as described by Daniel Chandler, defines two levels of articulation: low level (first articulation) and high level (second articulation). Symbols with low-level articulation can be broken down into smaller elements that do not carry independent meaning; that is, they are not symbols themselves. Chandler (2007) refers to these as ‘non-symbolifying symbol elements.’

Symbols without articulation

Symbols without articulation are extremely simple and cannot be broken down into simpler units (Vasilev 2020). For example, the red circle used in Fig. 1 is a simple figure (a circle) that does not contain other constructive elements and cannot be decomposed into simpler geometric figures. Such symbols are perceived quickly, but the drawback is that they do not allow additional information to be encoded within them. Nevertheless, this type of symbol also finds its application in cartography.

Symbols with single articulation

Symbols with single articulation have a complex structure (they are composed of more than one element), but their constituent parts do not possess independent meaning. They cannot be considered as standalone carriers of meaning outside the context of the entire symbol. In cartography, such symbols are often visual symbols used to denote objects, phenomena, or locations. For example, the symbol for a given airport Fig. 2 is a small icon (such as the silhouette of an airplane), where the individual graphic elements (lines) do not carry meaning on their own but together form a recognizable symbol. Another example is the cartographic symbol for a forest road, which consists of a line with breaks or colour, where the individual lines or colours do not convey independent meaning, but in combination provide information about the type of road.

Symbols with double articulation

The term ‘double articulation’ was first used by the French linguist André Martinet (Martinet 1961). Symbols with double articulation contain within themselves

- *Površinski znakovi* – koriste se za prikaz objekata koji zadržavaju svoju veličinu i konture na karti.

U ovom disertacijskom istraživanju, primarna pozornost usmjerena je na *konvencionalne znakove koji nisu u mjerilu i linijske znakove* pri dizajniranju tumača znakova za web kartu.

1.2. Razina artikulacije u kartografiji

Vizualni dizajn i estetika web karata: *analiza sustava kartografskih znakova* – to uključuje procjenu jasnoće i čitljivosti kartografskih znakova i shema boja; *analizu prezentacije podataka* – upotrebu različitih metoda za vizualizaciju prikazanih podataka; i provođenje estetske analize, koja uključuje subjektivne procjene atraktivnosti web karte. Koceva (2003) definira primarni zadatak kartografske semiotike kao razvoj sustava kartografskih znakova, koji sadrži tehnike za kartografski prikaz znakova, pravila za njihovu konstrukciju i drugo.

Učinkovitost sustava kartografskih znakova procjenjuje se kriterijem *čitljivosti*. Određuje se lakoćom i brzinom kojom se znakovi percipiraju, a na nju utječu tri parametra: *oštrina vida, prag osjetljivosti na kontrast i vidljivost*. Čitanje karte složen je proces koji se može podijeliti na različite razine težine.

Za procjenu brzine čitanja kartografskih znakova potrebno je analizirati artikulaciju koja se na njih primjenjuje (Vasilev 2012). Artikulacija se odnosi na podjelu znakova na osnovne (elementarne) strukturne jedinice kako bi se svaka ispitala pojedinačno. U semiotici se artikulacija razmatra na razinama dubine. Taj pristup omogućuje odabir najprikladnijih kartografskih sustava znakova za označavanje proučavanih objekata ili za izražavanje specifičnih značenja.

Važno je napomenuti da se artikulacija odnosi na podjelu znakova na temelju njihovog značenja (prvenstveno semantičkog), a ne njihovih fizičkih komponenti. Opća teorija artikulacije, kako ju je opisao Daniel Chandler, definira dvije razine artikulacije: nisku razinu (prva artikulacija) i visoku razinu (druga artikulacija). Znakovi s niskom razinom artikulacije mogu se rastaviti na manje elemente koji ne nose neovisno značenje; to jest, sami po sebi nisu znakovi. Chandler (2007) ih naziva „neznakovnim elementima znakova“.

Znakovi bez artikulacije

Znakovi bez artikulacije su izuzetno jednostavni i ne mogu se rastaviti na jednostavnije jedinice (Vasilev 2020). Na primjer, crveni krug na slici 1 je jednostavna figura (krug) koja ne sadrži druge konstruktivne elemente i ne može se rastaviti na jednostavnije geometrijske figure.



Slika 1. Znak bez artikulacije.

Fig. 1 Without articulation.



Slika 2. Znak s jednom artikulacijom.

Fig. 2 Single articulation.

Takvi se simboli brzo percipiraju, ali nedostatak im je što ne dopuštaju kodiranje dodatnih informacija unutar njih. Ipak, ta vrsta znakova nalazi svoju primjenu i u kartografiji.

Znakovi s jednom artikulacijom

Znakovi s jednom artikulacijom imaju složenu strukturu (sastavljeni su od više elemenata), ali njihovi sastavni dijelovi nemaju neovisno značenje. Ne mogu se smatrati samostalnim nositeljima značenja izvan konteksta cijelog znaka. U kartografiji su takvi znakovi često vizualni znakovi koji se koriste za označavanje objekata, pojava ili lokacija. Na primjer, znak za određenu zračnu luku na slici 2 je mala ikona (poput siluete aviona), gdje pojedinačni grafički elementi (linije) sami po sebi ne nose značenje, već zajedno tvore prepoznatljiv znak. Drugi primjer je kartografski znak za šumsku cestu, koji se sastoji od linije s prekidima ili bojama, gdje pojedinačne linije ili boje ne prenose neovisno značenje, već u kombinaciji pružaju informacije o vrsti ceste.

Znakovi s dvostrukom artikulacijom

Pojam „dvostruka artikulacija“ prvi je upotrijebio francuski lingvist André Martinet (Martinet 1961). Znakovi s dvostrukom artikulacijom sadrže u sebi znakove s jednostrukom ili dvostrukom artikulacijom. Web karte koje koriste znakove s dvostrukom artikulacijom smanjuju ukupan broj znakova na karti. Kod karata bez tumača znakova to je simbolična prednost, jer broj objekata može biti vrlo velik. Korištenje znakova s dvostrukom artikulacijom omogućuje, kombiniranjem relativno malog broja znakova, konstrukciju kartografskog sustava znakova sposobnog za prikazivanje vrlo velikog broja objekata.

Ti znakovi omogućuju čitanje karte „u slojevima“. Ako čitatelj traži opću vrstu znaka, treba samo prepoznati osnovni znak i apstrahirati od ostalih značenja sastavnih znakova.

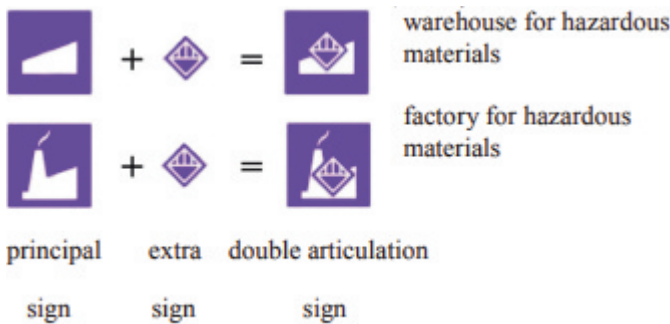


Fig. 3 Creating a double articulation symbol (Marinova 2018).

Slika 3. Kreiranje znaka s dvostrukom artikulacijom (Marinova 2018).

symbols with single or double articulation. Web maps that use symbols with double articulation reduce the total number of symbols on the map. In maps without a legend, this is a symbolificant advantage, since the number of objects can be very large. Using symbols with double articulation allows, by combining a relatively small number of symbols, the construction of a cartographic symbol system capable of representing a very large number of objects.

These symbols allow the map to be read ‘in layers.’ If the reader is looking for a general type of symbol, they only need to recognize the base symbol and abstract from the other meanings of the constituent symbols.

The principal symbol conveys the general meaning of a set of symbols. Figure 3 illustrates principal symbols representing general meanings, such as a warehouse or a factory (Marinova 2018). Additional symbols provide complementary classifications of the objects they depict. Thus, even if the map reader does not understand the meaning of each individual symbol, they can still grasp the overall meaning conveyed by the principal symbol.

The greatest economy of the language is obtained when the extra symbols can be combined with several principal symbols. Fig. 3 shows how an extra symbol gives meaning to different principal symbols by adding them to the warehouse and factory symbols. Thus, the reader has to memorize fewer notations and the probability of errors in asymboling the meaning decreases. In Fig. 4 an example of two non-scaled symbols creating on the principle of double articulation are shown. For these symbols, the colour indicates the function of the symbol (yellow symbols represent sports attractions and entertainment, while red symbols represent public services), whereas the shape conveys the specific activities being performed.



Fig. 4 Double articulation.

Slika 4. Znakovi s dvostrukom artikulacijom.

These symbols also allow the map to be used by *both non-specialists and specialists*, who have the knowledge and experience to extract all the information encoded in the symbols. This is important for making maps accessible to a wider audience. A non-specialist may not perceive all the meanings in the composite symbol, but if they understand even just the meanings of the base symbols, they can still use the map.

2 Methodology

This study investigates how the level of articulation in symbols affects the time required for visual search, depending on the type of legend used. The experimental design aligns with this requirement and produces practical measurements of search time on the legend within an existing map. Figure 5 illustrates the structure of the experiment.

The experiment begins with the presentation of instructions to each participant, displayed before they have the opportunity to view the legend and the map. Participants are asked to memorize the task instructions as thoroughly as possible at this stage. Once confident that they have read and memorized the instructions, they start the test by clicking the ‘Start Test’ button.

2.1. Procedure

Two variants, each with two tasks, were created – one with point symbols and one with line symbols. The base map and its symbols are the same for all tasks; only their legends differ. This approach allows the designed cartographic symbol system to be examined. For this purpose, data are collected for each participant on how they read and interact with the legend to understand the meaning of the symbols. Each symbol can be clicked

Glavni znak prenosi opće značenje skupa znakova. Slika 3 ilustrira glavne znakove koji predstavljaju opća značenja, poput skladišta ili tvornice (Marinova 2018). Dodatni znakovi pružaju komplementarne klasifikacije objekata koje prikazuju. Dakle, čak i ako čitatelj karte ne razumije značenje svakog pojedinog znaka, i dalje može shvatiti cjelokupno značenje koje prenosi glavni znak.

Najveća ekonomičnost jezika postiže se kad se dodatni znakovi mogu kombinirati s nekoliko glavnih znakova. Slika 3 prikazuje kako dodatni znak daje značenje različitim glavnim znakovima dodavanjem znakova skladišta i tvornice. Stoga čitatelj mora pamtit manje notacija, a vjerojatnost pogrešaka u simboliziranju značenja se smanjuje. Na slici 4 prikazan je primjer dvaju znakova bez mjerila stvorenih na principu dvostruke artikulacije. Za te znakove boja označava funkciju znaka (žuti znakovi predstavljaju sportske atrakcije i zabavu, a crveni znakovi predstavljaju javne usluge), dok oblik prenosi specifične aktivnosti koje se izvode.

Ti znakovi također omogućuju korištenje karte i *nestručnjacima* i *specijalistima* koji imaju znanje i iskustvo za izdavanje svih informacija kodiranih u znakovima. To je važno kako bi karte bile dostupne široj publici. Nestručnjak možda neće percipirati sva značenja u složenom znaku, ali ako razumije čak i samo značenja osnovnih znakova, i dalje može koristiti kartu.

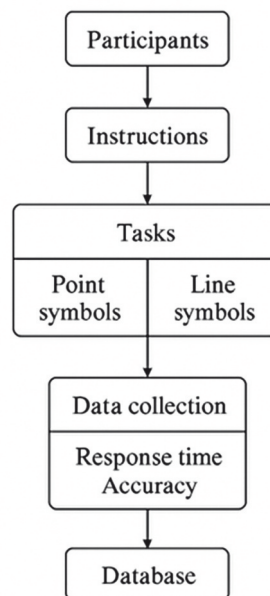
2. Metodologija

Ova studija istražuje kako razina artikulacije znakova utječe na vrijeme potrebno za vizualno pretraživanje, ovisno o vrsti tumača znakova. Eksperimentalni dizajn usklađen je s tim zahtjevom i daje praktična mjerenja vremena pretraživanja u tumaču znakova unutar postojeće karte. Slika 5 ilustrira strukturu eksperimenta.

Eksperiment započinje predstavljanjem uputa svakom sudioniku. Upute se prikazuju prije nego što sudionici imaju priliku vidjeti tumač znakova i kartu. U ovoj fazi od sudionika se traži da što temeljitije zapamte upute za zadatak. Nakon što se uvjere da su pročitali i zapamtili upute, započinju test klikom na gumb 'Pokreni test'.

2.1. Postupci

Izrađene su dvije varijante, svaka s dva zadatka – jedna s točkastim znakovima i jedna s linijskim znakovima. Osnovna karta i njezini znakovi isti su za sve zadatke; razlikuju se samo njihovi tumači znakova. Taj pristup omogućuje ispitivanje dizajniranog sustava kartografskih znakova. U tu svrhu prikupljaju se podaci za svakog sudionika o tome kako čitaju i komuniciraju s tumačem znakova kako bi razumjeli značenje znakova. Na svaki znak može se kliknuti



Slika 5. Tehnički detalji eksperimenta.
Fig. 5 Technical details of the experiment.

samo jednom u postavkama zadatka s točkama i linijama. Njihovi vremenski podaci odmah se spremaju.

Glavni pokazatelj upotrebljivosti je vrijeme odziva. Zadaci su osmišljeni bez fiksnog vremenskog ograničenja za dovršetak. Vrijeme počinje od početka svakog pojedinog zadatka, kada sudionik počne tražiti znak. To omogućuje mjerenje isključivo vremena provedenog u čitanju tumača znakova i pronalaženju ispravnog znaka (neskaliranog ili linearnog). Za svaki od odabira, vrijeme između klikova se bilježi, a zatim resetira. Zbroj vremena između njih je ukupno vrijeme provedeno na svakom zadatku pohranjenom u bazi podataka.

Time je objašnjen cijeli proces prikupljanja podataka.

2.2. Sudionici

U eksperimentu su sudjelovali volonteri. To su studenti Sveučilišta Masaryk u Brnu u Češkoj. Više informacija o raspodjeli sudionika može se vidjeti u tablici 2. Podaci su prikupljeni neposredno prije početka kartografskih testova i pohranjeni u relacijskoj bazi podataka dok se rezultati nisu obradili uz pristanak svih sudionika.

2.3. Tehnološka platforma

Drugi dio slike 6 ilustrira upotrijebljenu tehnologiju. Proces započinje tako da korisnik otvori preglednik kako

Table 2 Participants information.
Tablica 2. Podaci o sudionicima.

Participant / Sudionik	Percentage / Postotak
Distribution based on gender / Razdioba po spolu	female / žene 43.75% male / muškarci 56.25%
Distribution based on age / Razdioba po starosti	min age / min starost 23 max age / max starost 32

only once in the point and line task setup. Their time data is immediately saved.

The main usability indicator is response time. The tasks were designed without a fixed time limit for completion. The time starts from the beginning of each individual task, when the participant starts looking for the symbol. This allows measuring exclusively the time spent reading the legend and finding the correct symbol (non-scaled or linear). For each of the selections, the time between clicks is recorded and then reset. The sum of the times between them constitutes the total time spent on each task stored in a database.

This process explains the whole data collection process.

2.2. Participants

Volunteers participated in the experiment. They are students from Masaryk University, Brno, Czech Republic. More information about the distribution of the participants can be seen on Table 2 below. Data were collected immediately before the start of the cartographic tests and were stored in a relational database until the results were processed with the consent of all participants.

2.3. Technological platform

The second part of Fig. 6 illustrates the technology used. The process begins with a user opening a browser to access the created web map, which is available at any time. The platform is built on the principles of web cartography and human-computer interaction. Web-based environments enable precise measurement of user behaviour, thus supporting the study of map symbol interpretation through interactive and controlled digital interfaces. This approach reflects the transition from static cartography to dynamic, data-driven research.

The main objective of the study was achieved through the collection of data on user interaction with

the symbols on the map. The web map was developed using the JavaScript programming language with Vue.js Interface, in combination with the Leaflet.js Map library. The user interface was created based on Bootstrap, supplemented with custom-developed components. Laravel PHP and MySQL Database were used to conduct the tests and record the collected data.

The reason for this technology is its accessibility, interactivity, and ability to collect accurate usability data. Vue.js and Leaflet.js enable responsive map visualization and smooth interaction, Bootstrap ensures interface consistency and PHP/MySQL provide a stable backend for storing and processing user data. This combination allows efficient experimentation and reliable analysis of user performance.

The test was conducted using various computer equipment – desktop computers and laptops. Mobile devices such as phones, tablets, and iPads were not intended to be used. Participants were allowed to use either a mouse (wired or wireless) or the keyboard touchpad to make their selections.

3 Data Analysis on Reaction Time

The developed web platform with designed symbols is intended to provide insights into how users understand visual communication. The inspiration comes from the use of symbols in tourist maps designed for mountain orientation or urban transport navigation. The research question focuses on identifying which legend structure allows faster and more effective readability.

The stimuli of the study are non-scaled (point) and linear symbols placed on the map. Symbols with double articulation were created. The non-scaled point symbols are thematic stimuli, indicating diverse types of restaurants and hotels based on their position on the map. The shape of the symbol conveys the content of the specific objects they represent – either a hotel or a restaurant. The colour of the symbol provides categorical information: yellow symbols may represent budget while red symbols indicate luxury. The first *legend is detailed* – it contains detailed information about all types of hotels, shops and restaurants (luxury, budget). The second *legend is simplified* – it provides only general categories (luxury/budget and hotel/restaurant/shop) (Fig. 7).

The same principle of legend creation was applied to the line task. A detailed legend with double articulation shows the types of roads with 70 km/h and 50 km/h coloured in dark brown and light brown, respectively. Within each colour, the type of line (continuous or dashed) indicates whether the road is overtaking allowed or overtaking not allowed.

bi pristupio kreiranoj web karti koja je dostupna u bilo kojem trenutku. Platforma je izgrađena na principima web kartografije i interakcije čovjeka i računala. Web okruženja omogućuju precizno mjerenje ponašanja korisnika, čime podržavaju proučavanje interpretacije znakova na karti putem interaktivnih i kontroliranih digitalnih sučelja. Taj pristup odražava prijelaz sa statičke kartografije na dinamičko istraživanje vođeno podacima.

Glavni cilj istraživanja postignut je prikupljanjem podataka o interakciji korisnika sa znakovima na karti. Web karta razvijena je korištenjem programskog jezika JavaScript s Vue.js sučeljem, u kombinaciji s bibliotekom Leaflet.js Map. Korisničko sučelje izrađeno je na temelju Bootstrapa, dopunjeno posebno razvijenim komponentama. Za provođenje testova i bilježenje prikupljenih podataka korišteni su Laravel PHP i baza podataka MySQL.

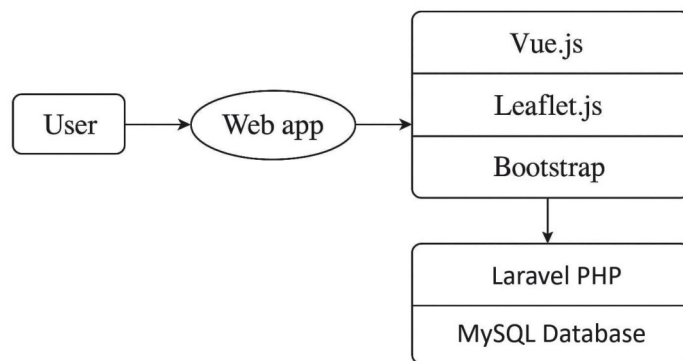
Razlog za ovu tehnologiju je njezina dostupnost, interaktivnost i sposobnost prikupljanja točnih podataka o upotrebljivosti. Vue.js i Leaflet.js omogućuju responzivnu vizualizaciju karte i glatku interakciju, Bootstrap osigurava konzistentnost sučelja, a PHP/MySQL pružaju stabilnu pohranu i obradu korisničkih podataka. Ta kombinacija omogućuje učinkovito eksperimentiranje i pouzdanu analizu korisničkih performansi.

Test je proveden korištenjem različite računalne opreme – stolnih računala i prijenosnih računala. Mobilni uređaji poput telefona, tableta i iPada nisu bili namijenjeni za korištenje. Sudionicima je bilo dopušteno koristiti miš (žični ili bežični) ili tipkovnicu osjetljivu na dodir za odabir.

3. Analiza podataka o vremenu reakcije

Razvijena web platforma s dizajniranim znakovima namijenjena je pružanju uvida u to kako korisnici razumiju vizualnu komunikaciju. Inspiracija je došla od upotrebe znakova na turističkim kartama dizajniranim za orijentaciju u planinama ili navigaciju gradskim prijevozom. Istraživačko pitanje usmjereno je na prepoznavanje one strukture tumača znakova koja omogućuje bržu i učinkovitiju čitljivost.

Stimulusi istraživanja su točkasti i linijski znakovi postavljani na karti. Izrađeni su znakovi s dvostrukom artikulacijom. Neskalinani točkasti znakovi su tematski stimulusi koji označavaju različite vrste restorana i hotela na temelju njihovog položaja na karti. Oblik znakova prenosi sadržaj specifičnih objekata koje predstavljaju – bilo da se radi o hotelu ili restoranu. Boja znaka pruža kategoričke informacije: žuti znakovi mogu predstavljati povoljno mjesto, dok crveni označavaju luksuzno. Prvi tumač znakova je detaljan – sadrži detaljne informacije o svim vrstama hotela, trgovina i restorana (luksuz, povoljno). Drugi tumač znakova je



Slika 6. Tehnička arhitektura.

Fig. 6 Technical architecture.



Slika 7. Pojednostavljeni i detaljan tumač znakova.

Fig. 7 Simplified vs. detailed legend.

pojednostavljen – pruža samo opće kategorije (luksuz/povoljni i hotel/restoran/trgovina) (slika 7).

Isti princip stvaranja tumača znakova primijenjen je na linijski zadatak. Detaljan tumač znakova s dvostrukom artikulacijom prikazuje vrste cesta za 70 km/h i 50 km/h obojenim u tamnosmeđu, odnosno svijetlosmeđu boju. Unutar svake boje, vrsta linije (neprekidna ili isprekidana) označava je li pretjecanje na cesti dopušteno ili nije dopušteno.

Podaci o vremenu potrebnom za odabir ispravnog znaka prikupljeni su iz zabilježenih klikova korisnika i potom analizirani. Pohranjena vremena u bazi podataka obrađena su pomoću Pythonovih biblioteka pandas i

Data on the time taken to select the correct symbol was collected from users' recorded clicks and subsequently analysed. The stored times in the database were processed using the Python libraries pandas and numpy. Pandas was used to create a DataFrame containing the results from all participants, while numpy was employed to convert the times into an appropriate format for applying mathematical functions such as SUM or MEAN.

For the point symbols with double articulation, participants began by locating a budget restaurant, followed by a luxury shop. The time between consecutive clicks was automatically recorded in the database. The interaction between different legends and linear symbols was examined by asking participants to find several locations: first, a road with a speed limit of 70 km/h where overtaking was not allowed, and then a road with a speed limit of 50 km/h where overtaking was allowed. All tasks required consecutive clicks.

The results from the study are examined. The first group of tasks uses the *detailed legend* – the one containing detailed information about all types of hotels, shop and restaurants or roads. The other group of tasks uses the same map and symbols but a different legend – the *simplified legend*. It contains the constituent parts of the symbol – shape and colour. The results for the interaction time between the diverse types of legends and the articulated meaning are shown in Table 3.

Table 3 shows the average interaction times for diverse types of symbols and legends. The shortest total interaction time was observed when using the simplified legend with non-scaled point symbols.

The results from this table reveal clear differences in how participants interact with simplified and detailed legends depending on the type of symbol used. For the tasks with non-scaled point symbols, the simplified legend consistently leads to faster performance. Both the first and second click times are lower with the simplified legend (7.894 sec and 4.048 sec) than with the detailed legend (8.131 sec and 4.721 sec). The total completion time is likewise shorter. This indicates that participants orient themselves more easily within the simplified structure, and this advantage remains stable throughout the task. These observations suggest an unsteadiness in comparison to the simplified version.

In contrast, the results for the linear symbols show the opposite tendency. While the first click is slightly faster when using the detailed legend (15.151 sec) than with the simplified legend (15.982 sec), the second click reverses this pattern: participants perform slightly faster with the simplified legend (4.557 sec versus 4.730 sec). Nevertheless, the total time for the linear-symbol task is lower when using the detailed legend (19.880 sec

compared to 20.539 sec). This suggests that although simplified legends may speed up later stages of recognition, the more informative, aggregated structure of the detailed legend ultimately supports a more efficient overall search for linear symbols.

Taken together, the data indicate that the effectiveness of a legend format depends strongly on symbol type. For non-scaled point symbols, the simplified legend remains clearly superior, offering faster recognition through all phases of the task. For linear symbols, however, the detailed legend gradually becomes easier to interpret and ultimately results in a faster overall performance. In this case, the additional information provided in the detailed legend does not appear to overload users; rather, it helps them integrate the structural elements of the linear symbols more effectively. By contrast, the simplified version becomes less intuitive, as it requires participants to mentally combine separate components to derive meaning, resulting in a slower and more cognitively demanding process.

The *simplified legend* is suitable for double articulation of the symbol, when the goal is repeated identification of similar objects on the map – most commonly navigation – hiking, climbing.

4 Conclusion

The results provide guidance for a deeper understanding of visual search in the process of map reading and the influence of symbol structure and legend composition on symbols using articulation. The findings show that an expanded and detailed legend for symbols with various levels of articulation is beneficial in complex tasks where more than one characteristic must be combined (e.g., identifying a one-star restaurant among similar symbols). Such legends are also advantageous in orienteering situations, where users compare multiple objects and attempt to memorize them by categorizing them into groups based on shared attributes.

In contrast, when articulated symbols are used for simple tasks – such as a single visual search on the map (e.g., locating a “hotel”) – a detailed version of the legend is more appropriate.

Scientific Contribution

The scientific contribution of this study lies in providing original experimental results and practical recommendations for optimizing the design and use of legends and articulated cartographic symbols. The conclusions are supported by quantitative data obtained from real user interactions, measured through actual task completion times. The experiment contributes to

Tablica 3. Prosječna vremena za znakove.**Table 3** Average times for symbols.

Zadaci / Tasks	Prosječno vrijeme za prvi klik (sek.) / Average time for the first click	Prosječno vrijeme za drugi klik (sek.) / Average time for the second click	Ukupno vrijeme (sek.) / Total time
Pojednostavljeni tumač znakova za točkaste znakove / Simplified legend with non-scaled symbols	7,894	4,048	11,942
Detaljan tumač znakova za točkaste znakove / Detailed legend with non-scaled symbols	8,131	4,721	12,852
Pojednostavljeni tumač znakova za točkaste znakove / Simplified legend with linear symbols	15,982	4,557	20,539
Detaljan tumač znakova za točkaste znakove / Detailed legend with linear symbols	15,151	4,730	19,880

numpy. Pandas je upotrijebljen za stvaranje DataFramea koji sadrži rezultate svih sudionika, dok je numpy korišten za pretvaranje vremena u odgovarajući format za primjenu matematičkih funkcija kao što su SUM ili MEAN.

Za točkaste simbole s dvostrukom artikulacijom, sudionici su započeli pronalaženjem jeftinog restorana, a zatim luksuzne trgovine. Vrijeme između uzastopnih klikova automatski je zabilježeno u bazi podataka. Interakcija između različitih tumača znakova i linijskih znakova ispitana je tako da su sudionici trebali pronaći nekoliko lokacija: prvo cestu s ograničenjem brzine od 70 km/h gdje pretjecanje nije dopušteno, a zatim cestu s ograničenjem brzine od 50 km/h gdje je pretjecanje dopušteno. Svi zadaci zahtijevali su uzastopne klikove.

Ovo su rezultati istraživanja. Prva skupina zadataka koristi *detaljan tumač znakova* – onaj koji sadrži detaljne informacije o svim vrstama hotela, trgovina i restorana ili cesta. Druga skupina zadataka koristi istu kartu i znakove, ali drugačiji tumač znakova – *pojednostavljeni*. Sadrži sastavne dijelove znakova – oblik i boju. Rezultati za vrijeme interakcije između različitih vrsta legendi i artikuliranog značenja prikazani su u tablici 3.

Tablica 3 prikazuje prosječna vremena interakcije za različite vrste znakova i tumača znakova. Najkraće ukupno vrijeme interakcije uočeno je pri korištenju pojednostavljenih tumača znakova s točkastim znakovima bez mjerila.

Rezultati iz tablice 3 otkrivaju jasne razlike u načinu na koji sudionici komuniciraju s pojednostavljenim i detaljnim

tumačima znakova ovisno o vrsti upotrijebljenog znaka. Za zadatke s točkastim znakovima bez mjerila, pojednostavljeni tumač znakova dosljedno dovodi do bržeg izvršavanja. I vrijeme prvog i drugog klika kraće je s pojednostavljenim tumačem znakova (7,894 s i 4,048 s) nego s detaljnim (8,131 s i 4,721 s). Ukupno vrijeme dovršetka također je kraće. To ukazuje na to da se sudionici lakše snalaze s pojednostavljenom strukturom i ta prednost ostaje stabilna tijekom cijelog zadatka. Ta zapažanja sugeriraju nestabilnost u usporedbi s pojednostavljenom verzijom.

Nasuprot tome, rezultati za linijske znakove pokazuju suprotnu tendenciju. Dok je prvi klik nešto brži pri korištenju detaljnog tumača znakova (15,151 s) nego s pojednostavljenim tumačem (15,982 s), drugi klik obrće taj obrazac: sudionici postižu nešto brže rezultate s pojednostavljenim tumačem (4,557 s naspram 4,730 s). Ipak, ukupno vrijeme za zadatak s linijskim znakovima je kraće pri korištenju detaljnog tumača (19,880 s u usporedbi s 20,539 s). To sugerira da iako pojednostavljene legende mogu ubrzati kasnije faze prepoznavanja, informativnija, agregirana struktura detaljne legende u konačnici podržava učinkovitiju ukupnu pretragu linijskih znakova.

Uzeti zajedno, podaci pokazuju da učinkovitost formata tumača znakova snažno ovisi o vrsti znakova. Za točkaste znakove bez mjerila, pojednostavljeni tumač ostaje očito superiorniji, nudeći brže prepoznavanje kroz sve faze zadatka. Međutim, za linijske znakove detaljni tumač postupno postaje lakši za tumačenje i u konačnici

research on cartographic symbol systems in web maps by evaluating different approaches to information visualization and legend structuring.

Recommendations for Further Research

Further research is currently underway using the Pupil Labs Neon eye-tracking system to enrich articulation tasks and to gain deeper insights into observation patterns and interaction frequency between symbols and legends. Future studies could also extend this research by focusing on polygonal symbols or on unfamiliar symbol sets to further validate and generalize the findings.

Limitation

There are several limitations worth noting. The first is the relatively small and culturally homogeneous group

of participants, which lacks diversity in age and professional background. A larger sample could have yielded additional insights across a wider range of criteria. Given the purpose of this study and the fact that the task does not require advanced cartographic expertise, no differences between professionals and non-professionals were expected or hypothesized.

Future research could apply the concept of double articulation to a larger and more diverse sample. Although the initial participant pool was bigger and displayed greater variation in age, several responses were excluded to ensure a more balanced distribution across age and gender, as the participants had limited prior experience. As a result, the final sample is relatively small, and no generalizations are made regarding differences based on profession or gender.

References / Literatura

- Bartoněk D, Andělová P (2022) Method for cartographic symbols creation in connection with map series digitization. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(2): 105. <https://doi.org/10.3390/ijgi11020105> Accessed 28 Nov 2025
- Chandler D (2007) *Semiotics: The basics* (2nd edn). <https://doi.org/10.4324/9780203014936>
https://www.researchgate.net/publication/263768124_Chandler_Daniel_2007_Semiotics_The_Basics_2nd_edn_London_Routledge Accessed 9 May 2025
- Gong X, Lan T, Ti P (2023) Metric and color modifications for the automated construction of map symbols. *International Journal of Geo-Information*, 12(x): xxx–xxx. <https://doi.org/10.xxxx/ijgiXXXX> Accessed 29 Oct 2025
- Harrie L, Stigmar H, Djordjevic M (2015) Analytical estimation of map readability. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(2): 418–446 <https://doi.org/10.3390/ijgi4020418> Accessed 01 Nov 2025
- Koceva V (2003) Use of cartographic semiotics in ecological landscape planning. In *International Scientific Conference “50 Years of LTU”*, 308–312, 2 Apr 2003.
- Marinova S (2018) *Thematic mapping and visualization for early warning and crisis management*, Sofia. https://uacg.bg/UserFiles/File/Biblioteka/Elektronni_resursi/Book_Marinova.pdf (in Bulgarian) UACEG. Accessed 14 May 2025
- Martinet A (1961) *Éléments de linguistique générale*. Paris: Colin.
- Nivala A-M, Sarjakoski LT, Sarjakoski T (2005) User-centred design and development of a mobile map service. In *Proceedings of the 10th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Sciences (ScanGIS'2005)*, Stockholm, 109–123, https://www.researchgate.net/publication/285942896_User-centred_design_and_development_of_a_mobile_map_service Accessed 17 June 2025
- Vasilev S (2003) *The Meaning of Cartographic Symbols*, Sofia. *Annual of UACEG – Sofia, 2002–2003*, pages 44–56, Sofia: UACEG
- Vasilev S (2012) *The topographic symbol system*. Sofia 2012, pages 55–59, Sofia: TES Design
- Vasilev S (2020) *Creating cartographical symbols with double articulation*. In *8th International Conference on Cartography and GIS: Proceedings Vol 1*, Nessebar, Bulgaria. ISSN 1314-0604, Eds: Bandrova T, Konečný M, Marinova S. [https://iccgis2020.cartography-gis.com/8ICCGIS-Vol1/8ICCGIS_Proceedings_Vol1_\(13\).pdf](https://iccgis2020.cartography-gis.com/8ICCGIS-Vol1/8ICCGIS_Proceedings_Vol1_(13).pdf) Accessed 09 Feb 2025
- Wilber K (2021) *A brief history of everything. East–West*, web book. <https://cdn.bookey.app/files/pdf/book/en/a-brief-history-of-everything.pdf> Accessed 13 May 2025

rezultira bržim ukupnim performansama. U ovom slučaju, dodatne informacije navedene u detaljnom tumaču znakova ne čine se preopterećenima za korisnike; naprotiv, pomažu im da učinkovitije integriraju strukturne elemente linijskih znakova. Nasuprot tome, pojednostavljena verzija postaje manje intuitivna jer zahtijeva od sudionika da mentalno kombiniraju odvojene komponente kako bi izvukli značenje, što rezultira sporijim i kognitivno zahtjevnijim procesom.

Pojednostavljeni tumač znakova je prikladan za dvostruku artikulaciju znakova, kad je cilj ponovljena identifikacija sličnih objekata na karti – najčešće navigacija, planinarenje, penjanje.

4. Zaključak

Rezultati pružaju smjernice za dublje razumijevanje vizualnog pretraživanja u procesu čitanja karte i utjecaja strukture znakova i sastava tumača znakova na znakove pomoću artikulacije. Nalazi pokazuju da je prošireni i detaljni tumač znakova za znakove s različitim razinama artikulacije koristan u složenim zadacima gdje se mora kombinirati više od jedne karakteristike (npr. identificiranje restorana s jednom zvjezdicom među sličnim znakovima). Takvi tumači znakova su također korisni u orijentacijskim situacijama, gdje korisnici uspoređuju više objekata i pokušavaju ih zapamtiti kategorizirajući ih u skupine na temelju zajedničkih atributa.

Nasuprot tome, kada se artikulirani simboli koriste za jednostavne zadatke – poput jednog vizualnog pretraživanja na karti (npr. lociranje „hotela“) – prikladniji je detaljan tumač znakova.

Znanstveni doprinos

Znanstveni doprinos ovog istraživanja leži u pružanju originalnih eksperimentalnih rezultata i praktičnih

preporuka za optimizaciju dizajna i upotrebe tumača znakova i artikuliranih kartografskih znakova. Zaključke potkrepljuju kvantitativni podaci dobiveni iz stvarnih interakcija korisnika, mjereni kroz stvarna vremena dovršetka zadataka. Eksperiment doprinosi istraživanju sustava kartografskih znakova na web kartama procjenjujući različite pristupe vizualizaciji informacija i strukturiranju tumača znakova.

Preporuke za daljnja istraživanja

Trenutačno su u tijeku daljnja istraživanja korištenjem sustava za praćenje pogleda Pupil Labs Neon kako bi se obogatili zadaci artikulacije i stekli dublji uvidi u obrasce promatranja i učestalost interakcije između znakova i tumača znakova. Buća istraživanja mogla bi proširiti ovo istraživanje fokusiranjem na poligonalne znakove ili na nepoznate skupove znakova kako bi se dalje potvrdili i generalizirali nalazi.

Ograničenja

Postoji nekoliko ograničenja koja vrijedi napomenuti. Prvo je relativno mala i kulturno homogena skupina sudionika, kojoj nedostaje raznolikosti u dobi i profesionalnoj pozadini. Veći uzorak mogao je dati dodatne uvide u širi raspon kriterija. S obzirom na svrhu ovog istraživanja i činjenicu da zadatak ne zahtijeva napredno kartografsko znanje, nisu se očekivale niti pretpostavljale razlike između profesionalaca i neprofesionalaca.

Buduća istraživanja mogla bi primijeniti koncept dvostruke artikulacije na veći i raznolikiji uzorak. Iako je početni uzorak sudionika bio veći i pokazivao veće varijacije u dobi, nekoliko odgovora je isključeno kako bi se osigurala uravnoteženija raspodjela po dobi i spolu, budući da su sudionici imali ograničeno prethodno iskustvo. Kao rezultat toga, konačni uzorak je relativno malen i ne donose se generalizacije u vezi s razlikama na temelju profesije ili spola.