

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ “СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ
Катедра “Картография и ГИС”



Моника Калинова Манолова

ГИС базирани модели на транспортна достъпност в
Северозападния район по NUTS2

ДИСЕРТАЦИЯ

за присъждане на образователна и научна степен
ДОКТОР по Научна специалност 4.4. Науки за земята,
Картография (вкл. Тематично географско картографиране – ГИС)

Научен ръководител: **проф. д-р Антон Попов**

София, 2020

Дисертационният труд съдържа 238 страници, към които са приложени 4 бази данни, 87 карти и графики, моделни кутии и технически приложения. Включва 12 фигури, 14 таблици, 21 обхватни карти и 40 сценарии и модели. Библиографията обхваща 123 заглавия, от които 82 литературни източника и 41 интернет сайта.

Дисертационната работа е обсъдена и насрочена за защита на разширено заседание на катедра „Картография и географски информационни системи” към Геолого-географския факултет на СУ „Св. Климент Охридски”, проведено на 15.01.2020 г.

Публичната защита на дисертацията ще се състои на2020 г. от ч. в зала в Ректората на СУ „Св. Климент Охридски” на открито заседание на научно жури в състав:

1. Проф. д-р Антон Попов
2. Доц. д-р Стелиян Димитров
3. Доц. д-р Боян Кулов
4. Проф. д-р инж. Теменужка Бандрова
5. Доц. д-р Георги Железов

Материалите по защитата са на разположение на интересувашите се в катедра „Картография и ГИС” в ректората на СУ „Св. Климент Охридски” на адрес бул. „Цар Освободител” 15.

Съдържание

1. Въведение.....	4
1.1 Актуалност на темата.....	4
1.2 Обект и предмет.....	4
1.3 Цел и задачи.....	5
2. Теоретико-методологична основа.....	5
2.1 ГИС-Т.....	5
2.2 Типове данни и операции за свързаност.....	5
2.3 Векторно моделиране.....	9
2.4 Предизвикателства пред векторното моделиране.....	14
3. Кратка социално-икономическа характеристика на изследваната територия.....	17
4. Методология.....	18
4.1 Създаване на база данни.....	18
4.2 Изграждане на транспортна мрежа.....	20
5. Модели на транспортна достъпност в СЗР.....	21
5.1 Микросимулации.....	23
Създаване на микросимулации с ГИС-Т.....	23
Моделиране на маршрут.....	25
Моделиране на алтернативни трасета.....	29
Моделиране на положение/разположение.....	29
Моделиране на обслужваща зона.....	31
5.2 Общинска достъпност.....	32
Моделиране на зависимост на населението от ключови транспортни артерии.....	33
Индекси за свързаност. Анализ на базата на моделни данни.....	34
Модели за анализ на трафик зони в СЗР.....	35
Мрежови модели. Междуградски модели с теория на графите.....	42
5.3 Областна достъпност.....	48
Сравнение на две основни моди на транспорт.....	49
Матрици на разход време и пространство.....	50
5.4 Алтернативни ГИС-Т софтуерни пакети.....	55
TransCAD.....	55
Моделна платформа Cube.....	55
6. Анализ на получените резултати.....	57
6.1 Микросимулации.....	57
6.2 Общинска достъпност.....	57
6.3 Областна достъпност.....	59
6.4 Изводи.....	59

1. Въведение

1.1 Актуалност на темата

Транспортната достъпност е интересен аналитичен проблем, защото еволюира и се променя успоредно с промените в географската реалност. Проблемите, които са съществували преди две десетилетия, днес са качествено различни, а географските информационни системи (ГИС) предоставят обективни решения за транспортната индустрия, планирането и управлението на територията в една постоянно променяща се среда.

ГИС е вид информационна система, състояща се от компютърен софтуер и хардуер, база данни и потребители, която се използва за въвеждане, съхраняване, манипулиране, анализиране и извличане на географски данни с цел решаването на разнообразни задачи в различни области – управление на околната среда, транспорт, демография, публична администрация, бизнес и др. (Попов, 2012)

Клонът на ГИС, който специализира в проблемите на транспорта (ГИС-Т), е един от най-бързо развиващите се в сферата на географските информационни системи. Успоредното развитие на информационните технологии позволява подобрения в точността и идентифицирането на нови проблеми, които са във фокуса на ГИС-Т.

Географските информационни системи – в частност географските информационни системи в транспорта – имат потенциал за широко пазарно проникване, който може да помогне за подобрене на качеството на живота както в обхвата на разглежданите в труда области, така в рамките на цялата страна.

Подобряването на транспортните връзки не би могло да разреши всички проблеми на регионално ниво, но разглеждането на тези връзки през призмата на географската информационна наука може да представлява ценен “пътеводител” към създаването на по-ефективни възможности за развитие, съобразени с бъдещето на Европа.

1.2 Обект и предмет

Обект на анализ

Обект на изследване на настоящия труд са областите Плевен, Ловеч, Враца, Видин и Монтана, които се отличават с негативни демографски и икономически характеристики. Анализирането на достъпността на тези територии през призмата на географските информационни системи е полезно поради следните причини:

- за транспортната индустрия – в частност прилагане на подхода за транспортна достъпност на регионално ниво;
- за инвестиционната политика в страната – с оглед бъдещото участие на България в транспортната политика на Европа и директните инвестиции по програми и проекти в сектора;
- за развитието на “интелигентен транспорт” на територията на цялата страна;
- за подобряване на качеството на живот в една своеобразна “периферия” за нашата страна.

Предмет на труда

Предмет на труда са моделите за транспортна достъпност, които се разработват с помощта на географски информационни системи.

За целите на настоящото изследване са ползвани предимно векторни модели на транспортни мрежи, поради което тези модели ще бъдат подробно разгледани и анализирани. За да бъде разкрита спецификата на векторните транспортни модели, ще бъдат представени различни софтуерни пакети, които функционират на основата на векторното моделиране и различната приложимост на транспортните модели в определен географски обхват.

1.3 Цел и задачи

Главната цел на изследването е да демонстрира характеристиките на различни векторни транспортни модели и тяхното приложение.

За постигане на целта на изследването са формулирани следните задачи:

1. Да се направи преглед на изучеността на изучавания проблем и на тази основа да се предложи теоретико-методологическата основа на изследването.
2. Да се направи кратка социално-икономическа характеристика на СЗР в контекста на спецификата на проблемите, свързани с транспортната достъпност.
3. Да се разработят ГИС бази данни, служещи за информационна основа при създаването и използването на моделите за транспортна достъпност.
4. Да се анализира транспортната достъпност с помощта на разработените модели на различни йерархични нива в изследваната територия (населено място, община, област).
5. Да се представят резултати от моделирането на транспортната достъпност, получени с помощта на алтернативни софтуерни платформи и инструменти, както и да се разработи сравнителен микросимуляционен модел за територията на столицата.
6. Да се обобщят получените резултати и да се направят изводи от направеното изследване.

2. Теоретико-методологична основа

2.1 ГИС-Т

ГИС се заражда през 60-те год. на 20 в. благодарение на усилията на „бащата“ на съвременната геоинформатика проф. Роджър Томлинсън, който разработва първата ГИС – Канадската геоинформационна система.

Географските информационни системи с приложение в транспорта се развиват от 90-те години на ХХ в., когато се появяват първите концептуални изследвания за приложимостта на пространствено-времето моделиране през призмата за времева дифузия на Хагерстранд. През последното десетилетие на 20 в. Гуудчайлд¹ (Goodchild, 2000), Тил² (Thill, 2000), Милър³ (Miller, 1991) и Уотърс⁴ (Waters, 1999) публикуват

¹ Goodchild, M.F. GIS and transportation: Status and challenges. *GeoInformatica* 2000, 4, 127–139

² Thill, J.-C. Geographic information systems for transportation in perspective. *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.* 2000, 8, 3–12

концептуалната рамка за приложенията на географските информационни системи в транспорта (или накратко „ГИС-Т“). *Географските информационни системи в транспорта (ГИС-Т) представляват принципите и приложенията на географски информационни системи при решаването на транспортни проблеми (Rodrigue, Shaw, 2013).* Изследванията в областта на ГИС-Т са ориентирани към две различни, но допълващи се насоки:

- първата разглежда ГИС-Т като допълнение към развитието и специализацията на ГИС приложенията,
- втората разглежда ГИС-Т като подобрене на транспортните изследвания.

През 2001 г. Харви Милър и Ши Лунг Шоу публикуват своя труд „Географски информационни системи в транспорта. Принципи и приложения.“⁵, в който анализират появата на ГИС-Т не само като част от ГИС или като подобрене на транспортните изследвания, но и като отделно научно поле, което комбинира ключови характеристики на регионалното развитие и модерните технологии.

През първото десетилетие на XXI в. се появяват първите софтуерни пакети, които са насочени към осъществяването на микросимулации в моделна ГИС среда и оптимизирането на транспортната мрежа. развитието на ГИС-Т е силно повлияно от създаването на базите данни за мобилността на субектите в транспортната мрежа. Все по-голямо внимание се отделя на индивидуалния потребител и неговата роля в мрежата от транспортни отношения (vehicle to vehicle, road to vehicle)⁶.

2.2 Типове данни и операции за свързаност

Основното предимство на ГИС е възможността да се интегрира статистическа и локализационна информация. Интерпретацията на информацията и нейният превод от данни в полезно знание е ключов аспект от всяка една икономическа и информационна дейност.

Двата основни подхода при моделиране на данните в ГИС са обектно-базираният и подходът, базиран на полета:

- *Обектно-базираните модели* разглеждат географското пространство като изпълнено с дискретни обекти. Визуализацията на тези модели се осъществява с помощта на графични примитиви – точки, линии, полигони и мрежи.
- *Моделите, базирани на полета (field-based models)* разглеждат географското пространство като изпълнено със съществуващи в реалността предимно континуални явления. Визуализацията на тези явления се осъществява главно с помощта на регулярни геометрични мрежи, растерни матрици или „грид“ и неравномерни триангулирани мрежи (Triangulated irregular network). Основна

³ Miller, H.J. Modelling accessibility using space-time prism concepts within geographical information systems. Int. J. Geogr. Inf. Syst. 1991

⁴ Waters, N. Transportation GIS: GIS-T. In Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications; Longley, P.A., Goodchild, M., Maguire, D.J., Rhind, D.W., Eds.; Wiley: New York, NY, USA, 1999; pp. 827–844.

⁵ „Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications“ Miller and Shaw, 2001

⁶http://ec.europa.eu/transport/themes/its/news/informations-services-for-motorists_en

пространствена единица в грид модела е растерната клетка, или пикселът (pixel/picture element/).

В ГИС среда операциите за свързаност позволяват да се разработват анализи за свързаност между точки, линии и полигони по отношение на разстояния, площи, време за пътуване и др. Съществуват няколко разновидности на операциите за свързаност, които могат да бъдат осъществени в ГИС среда:

- измерване на непосредствена близост (contiguity measures) – оценяват се характеристиките на пространствени обекти, които са съседни (разположени са в непосредствена близост);
- функции за близост (proximity function) – дефиниране на близостта или отдалечеността на обектите на анализ от отправна точка или обект, класически пример е генерирането на буферни зони или буферирание;
- мрежов анализ (network analysis) – включва намиране на най-краткия път по отношение на пространство и време между две или повече точки в моделна среда чрез т.нар. маршрутизиране в мрежата (routing) и идентифициране на точките, които могат да бъдат достигнати от определен дистрибутивен център (location-allocation);
- анализ за видимост (viewshed analysis) – локализирането на точки или ареали, видими от дадена локация в пространството.

Основен фокус на настоящия труд са операциите за свързаност чрез мрежово моделиране (network analysis), които представляват основа на множество нови системи за интелигентен транспорт и стратегическо планиране на транспортните ресурси.

2.3 Транспортни модели за достъпност

Транспортните модели могат да бъдат категоризирани главно по два начина – по отношение на данните и по отношение на обхвата на анализ. В първия случай моделирането в ГИС-Т се осъществява чрез два основни подхода (Коцев и др., 2006)⁷:

1. Моделиране на континуална достъпност – транспортната достъпност е измерим атрибут на цялата повърхнина. Предимство на този подход при моделирането е единството на оценката на достъпността за всички точки от анализирания обхват. Моделът интерполира характеристиките на всички локализации в зависимост от наличната информация и обхвата. Решенията са единни и базирани на общи статистически трендове.
2. Моделиране на топологична достъпност – транспортната достъпност се измерва и оценява с помощта на векторни модели на данните с конкретна топологична структура. Решенията са основани на строги отношения вътре в мрежата. Основен недостатък на тези модели е необходимостта от подробно математическо описание на всички локации в мрежата.

По отношение на анализирания обхват, моделите за транспортна достъпност също могат да бъдат разделени на две основни групи:

⁷Коцев, Ал., А. Попов, Д. Атанасов (2006), „Анализ за достъпността в среда на ГИС“, сб. докл. Научна конференция „География и регионално развитие, Созопол, 2006-2007“, София: Фондация ЛОПС., 2008

1. TAZ (Traffic analysis zones), или АТЗ (Анализ на трафик зони)

Това са модели, базирани на продължителността и броя на пътуванията в анализирания пространствен обхват. Тези модели подпомагат решаване на проблеми, зависими от качествата на повърхнината. Моделирането чрез анализ на трафик зони придава тежест на средата. На участъци в транспортната инфраструктура се приписват идентични стойности (напр. максимална скорост за преминаване на единица пространство), които позволяват идентифицирането на транспортни зони. Предимството на тези модели е, че позволяват визуализация на основните транспортни характеристики на територията. Това създава възможност за анализ на ефектите на стратегически транспортни политики върху бъдещето пространствено развитие на територията.

2. АБМ (Agent based models) – АБМ (Агентно или обектно базирани модели)

Модели, които са дискретни (обектно базирани) спрямо съществуващи в географската реалност обекти и техните характеристики.

Разлики между моделите на данните в ГИС-Т	
TAZ (Traffic Analysis Zones)	АБМ (Agent Based Models)
преимуществено растерно базирани	преимуществено векторно базирани
модификации в средата	модификации в мрежата
статистически интерполации	конкретни поведенчески данни
представящи зони за достъпност	представящи мобилност в трасе

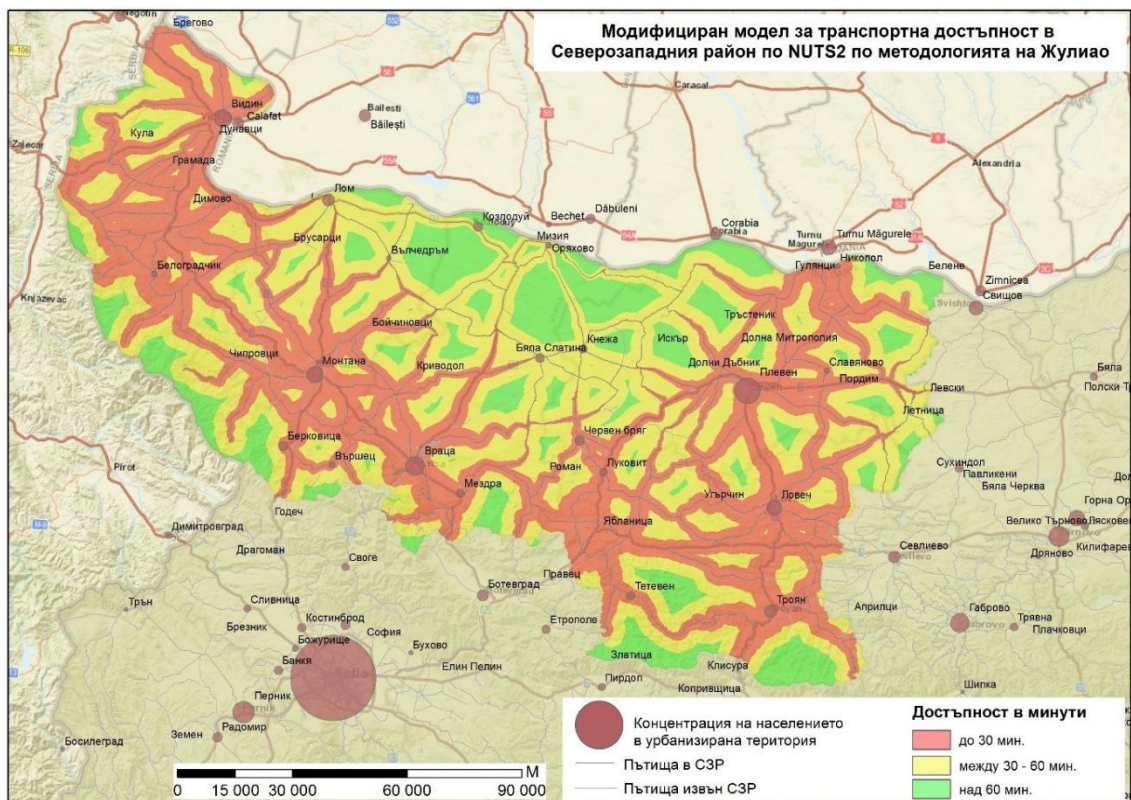
Таблица №1 Основни контрасти в транспортните модели

Модели за анализ на трафик зони

Класически пример за моделирането на достъпността чрез АТЗ е методиката, разработена от португалския географ Жулиао (Juliao)⁸. Моделът е пример за селектиране на разходна единица за транспорт, която позволява да се анализират отношенията в цялата повърхнина. Всяка една от стъпките в модела се визуализира с растерен модел, което позволява извършването на аналитични операции чрез комбинирането на повече от един тематичен слой. Това придава на модела на Жулиао значима функционалност – т.е. параметрите могат да бъдат модифицирани, за да включват икономически, демографски, социологични характеристики на територията, които могат да произведат множество нови модели и траектории за анализиране.

Разработката на транспортни модели с методиката на Жулиао е полезна от гледна точка на функционалността на растерните комбинации за стратегически и регионални анализи. Обектно базираните модели, от друга страна, позволяват анализирането на конкретни общински отсечки, същевременно са възможни анализи на базата на микросимулации – разработка на метрични модели за пренос на стоки, логистика и оптимизация на транспортните мрежи.

⁸"Measuring accessibility using GIS" Rui Pedro Juliao, Geography and Regional Planning, New University of Lisbon, 1999 (http://www.geovista.psu.edu/sites/geocomp99/Gc99/010/gc_010.htm)



Модел № 1 Пример за модел с анализ на трафик зони - Жулиао. Полицистричен модификатор.

Обектно базирани модели

Обектно базираните модели се фокусират върху мрежовите отношения и параметрите на мобилност на конкретния потребител, моделиран като „агент“ със специфично поведение. Сегментите в транспортната мрежа не са уеднаквени, а са индивидуализирани. Всяка точка от мрежата има своя собствена точност по отношение на метриката на разхода. Идентифицирани са конкретни крайни и начални точки на движение (anchor points), като всяко трасе има математически еквивалент – разход време и пари за преодоляване. Обектно базираните модели на данните се основават на на векторно моделиране – моделиране с точки и линии и на т.нар. „теория на графите“.

2.3 Векторно моделиране

Графите се използват за моделно представяне на електрически и комуникационни връзки, схеми на социалните отношения, математически и йерархични отношения в рамките на една мрежа. Графът е динамична геометрична структура, изградена от линии и точки, представляващи "възли" и "ребра".

Един граф може да бъде описан като множество, съставено от две подмножества:

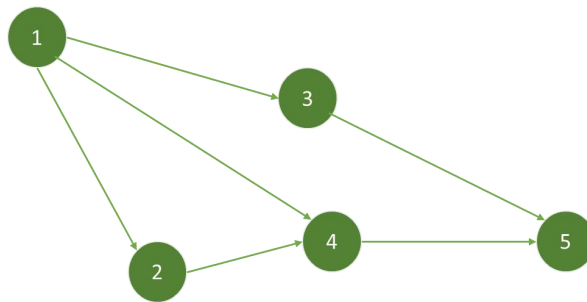
$$G = (v, e),$$

където: v е вертекс, а e линк.

Вертексът (или „възелът“) е точката, където се пресичат два (или повече) линейни елемента – линкове или „ребра“, като линкът („реброто“) е връзката между две точки в мрежата. Ако ребрата имат зададена посока, графът се нарича „ориентиран“, а ако са без посока, графът се нарича „неориентиран“.

Един граф в рамките на ГИС средата се отличава с три матрични характеристики:

1. индивидуалност - която е подсигурана от топологията и предоставя възможности за анализ на йерархични отношения в транспортната инфраструктура;
2. съседство - алтернативни връзки в зависимост от целта на транспорта;
3. сравнимост - в зависимост от качествата си, всеки възел на графа може да се приоритизира.



Фигура №2 Пример за ориентиран граф.

В зависимост от своята валентност⁹ възлите в графа могат да бъдат анализирани с помощта на математически индекси за ефективност на връзките. Тези индекси са следните¹⁰:

π (пи индекс/pi index)

$$\pi = \frac{L(G)}{D(d)}$$

където: L е дължината на линковете на графа, а D е диаметър на графа.

Пи индексът се използва, за да се опише състоянието на графа. Колкото по-голям е индекс пи, толкова по-големи възможности за свързаност има графът.

η (ета индекс/eta index)

$$\eta = \frac{L(G)}{e}$$

където: L е дължината на линковете на графа, а e броят на връзките.

Ета индексът се използва, за да опише средната дължина на всяко ребро, която намалява с добавянето на нови връзки.

θ (тема индекс/theta index)

$$\theta = \frac{Q(G)}{v}$$

където: Q е количеството трафик, което минава през графа, а v е броят на възлите.

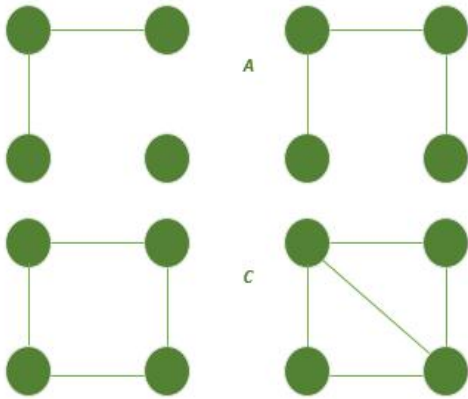
⁹ валентността се използва, за да се опишат възможните връзки, които могат да съществуват между различните възли на графа.

¹⁰ <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/methods/ch1m3en.html>

Тета е измерваща функция на възлите, която описва средното количество трафик през възел.

β (бета индекс/beta index)

$$\beta = \frac{e}{v}$$



	e	v	Beta Index
A	2	4	0,5
B	3	4	0,75
C	4	4	1,0
D	5	4	1,25

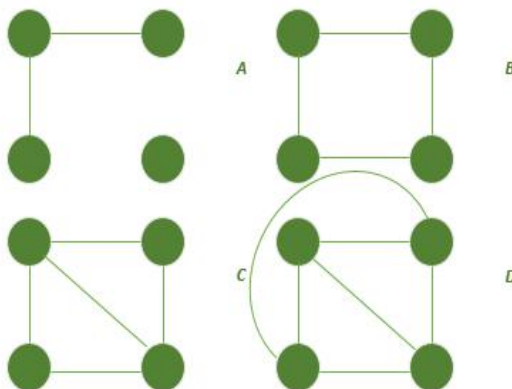
Фигура №3 Бета индекс

където: e е броят на линковете на графа, а v броят на възлите.

Бета индексът оценява нивото на свързаност на графа в съотношението линкове/възли. Простите графи с ясна йерархия¹¹ имат бета индекс по-малък от 1. Свързана мрежа с един цикъл има стойност на бета равна на 1. Мрежа с множество линкове спрямо възлите има по-висок бета индекс и повече възможности за осъществяването на връзки.

α (алфа индекс/alpha index) за планарни графи¹²

$$\alpha = \frac{u}{2v - 5}$$



¹¹Графа е с дървовидна форма стартира от 1 и връзките са еднопосочни.

¹² Алфа индекс се нарича още Меш коефициент.

	$u(e-v+p)$	$2v - 5$	Alpha Index
A	0	3	0,0
B	1	3	0,33
C	2	3	0,66
D	3	3	1,0

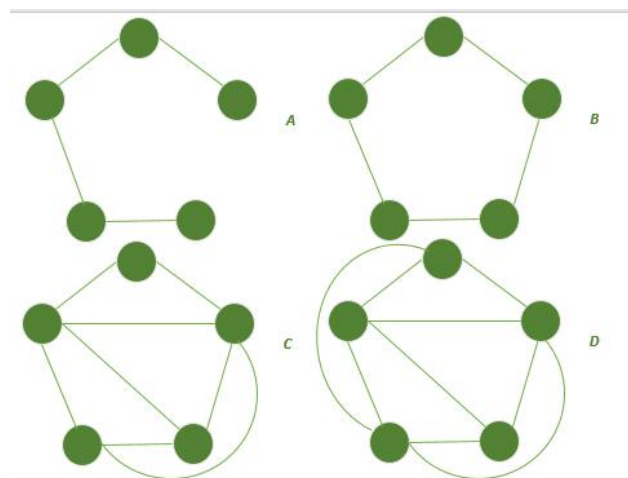
Фигура №4 Алфа индекс

където: u е броят на завоите, които са възможни в затворена мрежа, а v е броят на възлите.

Отново се измерва степента на свързаност, като се съпоставя броят на завоите в рамките на мрежата, спрямо броя на максималните възможни завои. Когато мрежата има алфа индекс равен на 1, това показва слаба ефективност на връзките.

γ (гама индекс)

$$\gamma = \frac{e}{3(v-2)}$$



	e	$3(v-2)$	Gamma Index
A	4	9	0,44
B	6	9	0,66
C	8	9	0,88
D	9	9	1,0

Фигура №5 Гама индекс

където: e е броят на линковете на графа, а v е броят на възлите.

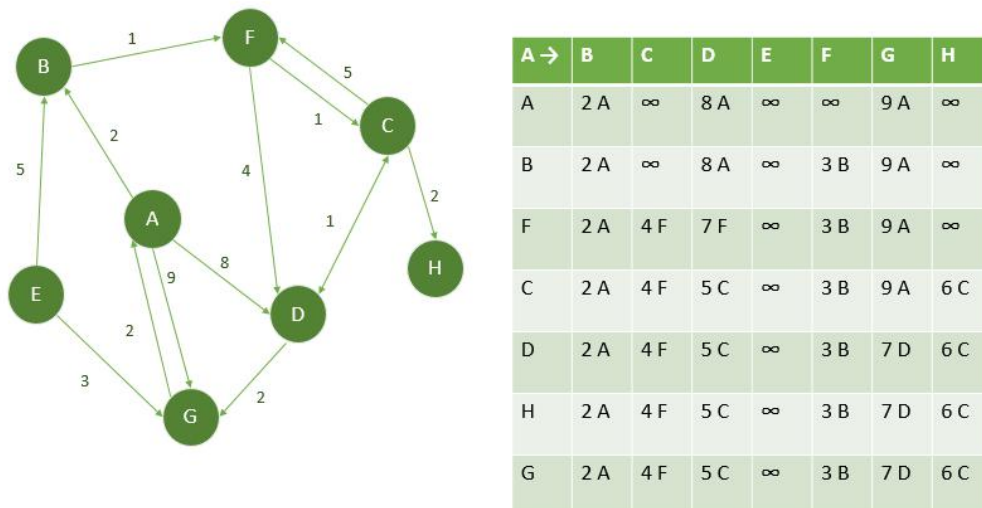
Гама индексът анализира степента на свързаност на графа, която е представена в съотношението на съществуващите възли, спрямо максималния възможен брой възли.

Класически пример за приложение на теория на графите в транспортното моделиране е алгоритъмът на Дийкстра¹³.

Алгоритъм на Дийкстра

Алгоритъмът на Дийкстра може да бъде приложен за моделиране на транспортна достъпност, като възлите на графа илюстрират крайните точки на движение, а линковете могат да представляват уличната мрежа. Този процес в ГИС-Т се нарича още моделиране на най-кратък път¹⁴ и може да бъде представено чрез матрица за разход.

На фиг. №6 е илюстриран пример за насочен граф с тежести по алгоритъма на Дийкстра. Последователността от трасета е със стартов „възел” А. На всеки линк от графа е зададена стойност за преминаване. Последователността на възлите в графа се определя от най-късите трасета. Възможността за движение е заключена за един от възлите във графа – Е, който представлява краен и изолиран вертекс (или връх) в графа.



Фигура №6 Примерен модел за най-кратък път по алгоритъма на Дийкстра

Стойността за преминаване на определено трасе е предварително зададена и се акумулира с преминаването на всеки последователен възел в графа.

Разработка на модели

Теорията на графите при моделирането на транспортната достъпност може да се приложи ефективно в градска среда, където транспортната достъпност се анализира в затворена мрежа. Пример за модел в по-голям мащаб е моделът за социално-икономическо въздействие на транспортните инвестиции на европейската мрежа за пространствено планиране и наблюдение (ЕСПОН /ESPON¹⁵).

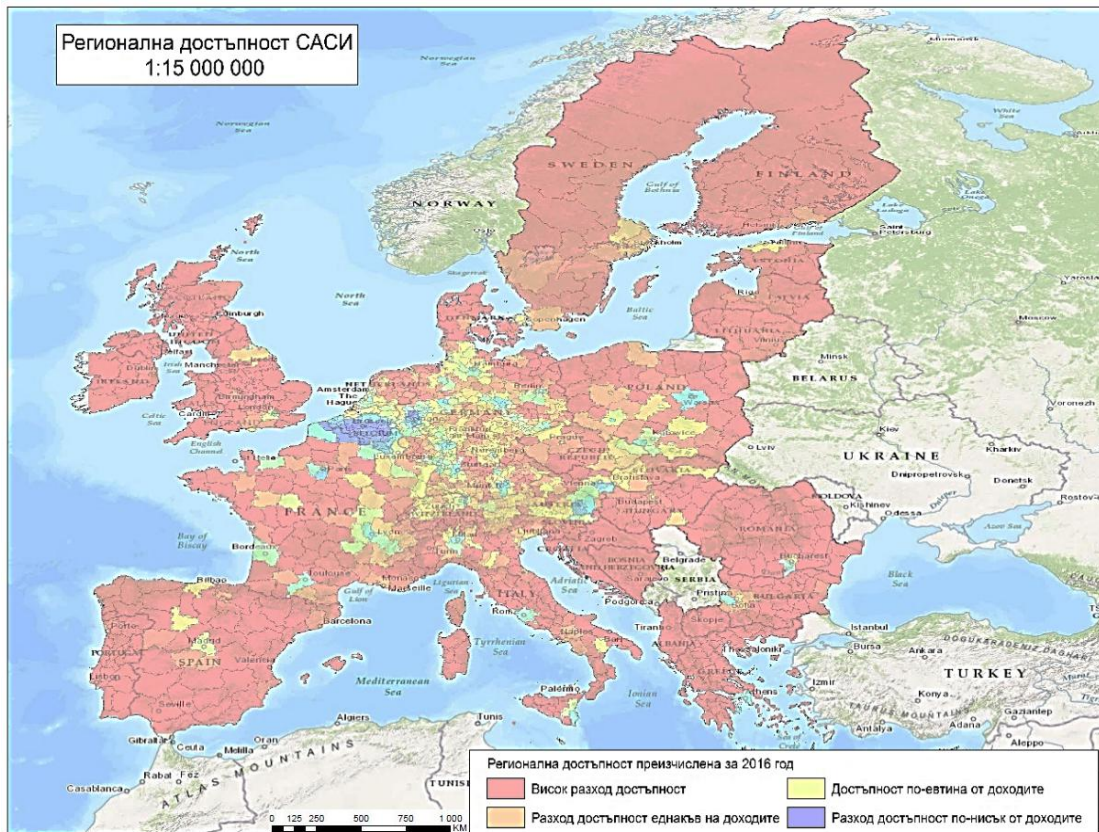
¹³<https://www.cs.auckland.ac.nz/software/AlgAnim/dijkstra.html>

<https://brilliant.org/wiki/dijkstras-short-path-finder/>

¹⁴shortest path modelling

¹⁵<https://www.espon.eu/main/>

Моделът за анализ на социално-икономическото въздействие на транспортните инвестиции и подобрения в транспортната система (САСИ/SASI¹⁶) се разработва от Микаел Вегенер и Клаус Шпикерман през 1996 год. от Института по пространствено планиране на Университета в Дортмут и Техническия университет във Виена. Моделът се отличава с оценка на мултимодалната достъпност в рамките на целия континент.



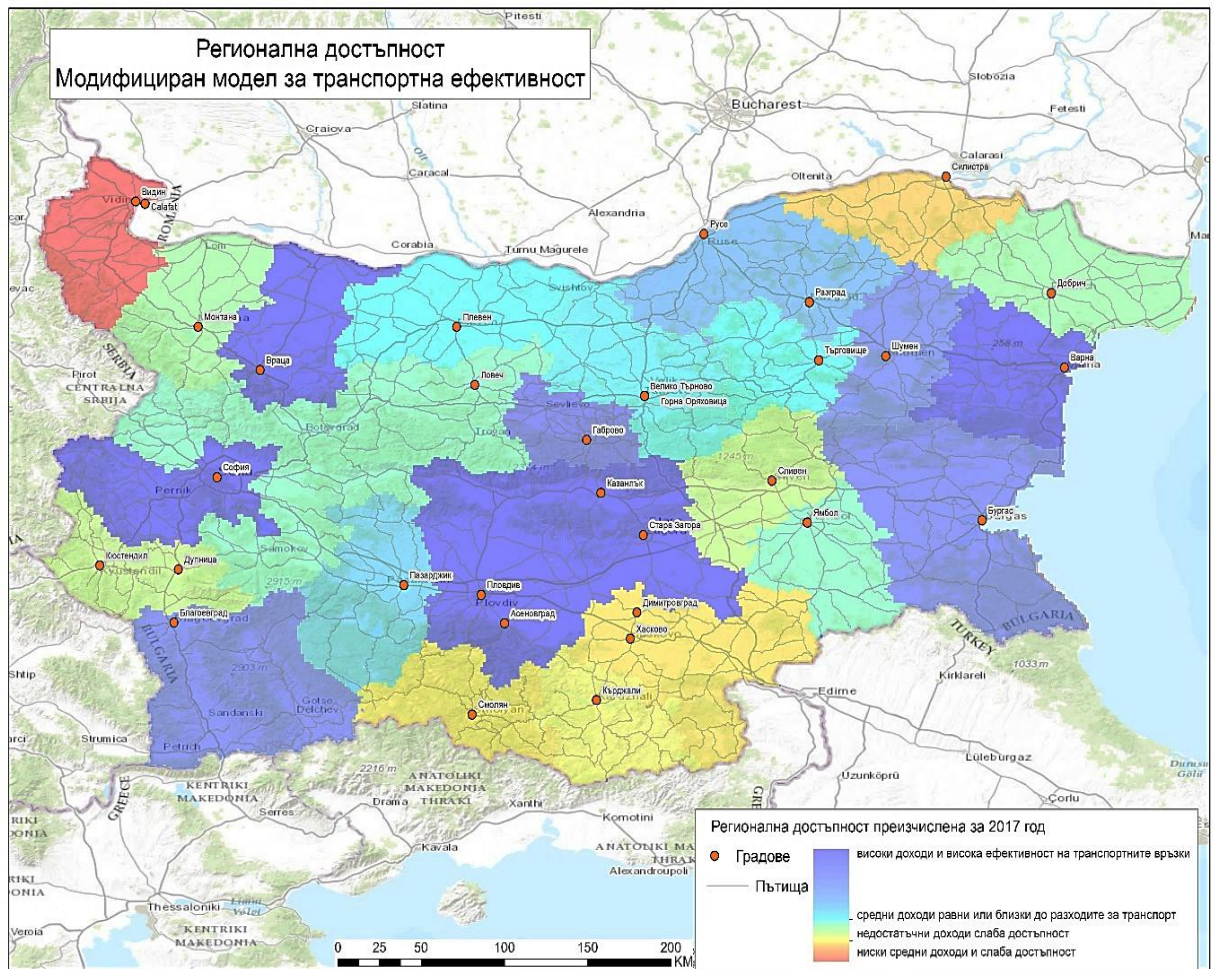
Модел № 2 Регионална достъпност по САСИ на европейско ниво

Моделът е коректен спрямо съществуващата статистика, защото резултатът отразява най-висока продуктивност на достъпността за териториите в Бенелюкс¹⁷, където традиционно интермодалността и достъпността са с най-високи показатели за Европа. Същевременно, административните деления на териториите, които фрагментират териториите на едни страни повече от други, изкривяват до известна степен модела. Логично е по-голямото пространство да представлява по-голям разход за преминаване. Страните, където административното деление се осъществява на предварително зададени статистически минимума за население не би следвало да бъдат моделирани на база административно деление.

Прилагането на методологията на САСИ в България води до заключението, че населението на областите София-град, Перник, Варна, Пловдив може да си позволи да пътува в по-широк географски обхват без сериозни финансови затруднения.

¹⁶Spatial and Socio-economic Impacts of Transport Investments and Transport System Improvements

¹⁷<http://www.benelux.int/nl/>



Модел №3 Транспортна ефективност по методологията САСИ

Същевременно, населението на област Видин е с финансови загуби дори при пътуване в самата област. Разбира се, този модел е чисто икономически и се базира на показатели в мащаб, които не отчитат качествените характеристики на съществуващата инфраструктурна обезпеченост.

2.4 Предиизвикателства пред векторното моделиране

Майкъл Гуудчайлд (Goodchild, 2000)¹⁸ анализира множеството ограничители пред развитието на ГИС-Т в три последователни контекста:

- *поведенчески*, който е най-слабо застъпен при зараждането на първите ГИС-Т приложения, но който е силно застъпен в ОБМ;
- *навигационен*, където предиизвикателство е заложено в избора на най-обективно подходящото трасе за преодоляване;
- *картографски*, при който предиизвикателствата са заложиени пред визуализацията на информацията.

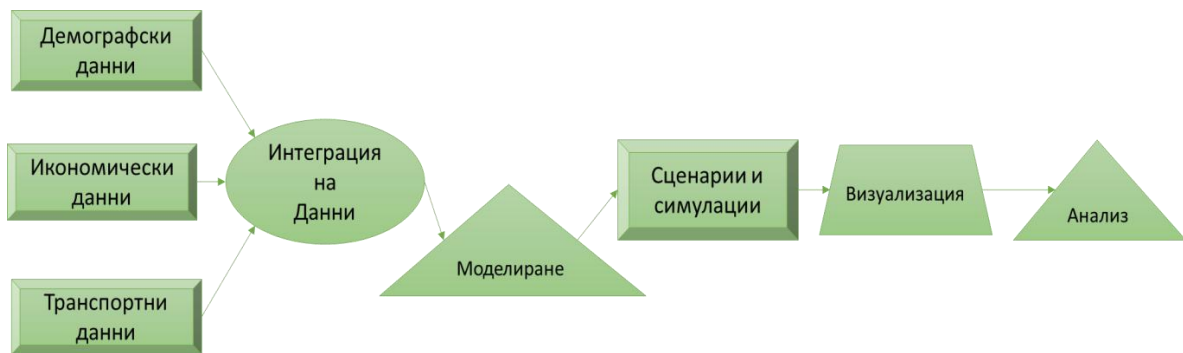
Предиизвикателствата пред векторното моделиране също могат да бъдат разделени в три групи, които частично припокриват анализа на Гуудчайлд:

¹⁸ <http://www.geog.ucsb.edu/~good/>

1. Информационни – информация за поведението на потребителите на транспортната услуга.
2. Топологични – по отношение на навигацията в мрежата.
3. Аналитични – визуализация на съответния казус и на неговото решение.

Разработването на качествен транспортен модел силно зависи от качеството на данните и тяхната приложимост в изследваните сценарии. Един транспортен модел може да съдържа в себе си:

- информация за природната среда – трудности, свързани с релефа, преодолими и непреодолими ограничители за изграждането на алтернативни трасета;
- информация за икономическата среда - моди на транспорта, основни потребители и типове мобилност;
- информация за демографската среда - гъстота на потреблението, проблеми с натоварване на съществуващите инфраструктури.



Фигура №7 Пример за форматиране на моделна база данни в ГИС-Т

Всяко едно от тези проблемни ядра влиза в пространствено отношение с проблемни ядра както от същия клас, така и от различни класове.

Организирането и адаптирането на данните към моделите в ГИС-Т включва 7 основни етапа:

1. *Компилиране на информация* - селекция на типовете информация по отношение на зададените моделни параметри.
2. *Интеграция на данните* - предварителна качествена и количествена обработка на данните, класификация в атрибутивно отношение и дефиниране на топологичните и йерархични отношения.
3. *Моделиране* - подбор и осъществяване на строго зададена последователност от логически операции.
5. *Разработване на различни сценарии и симулации* – анализиране на явления, които могат да имат ефект върху средата при определени ситуации. Разработката на сценарии може да доведе до итерации (многократно изпълнение) в разработката на моделните операции, до разширяване или стесняване на условията в модела.
6. *Анализ на изходната информация*, която може да доведе до общи или конкретни изводи относно състоянието на инфраструктурата и засегнатите групи.

7. *Визуализация*. Избор на подходяща картографска форма за визуализация на постигнатите резултати.

Във всеки един от тези етапи трябва да е „отразен” предварително подбраният тип на представяне на данните (векторни или растерни) и основните качества на топологичните връзки.

3. Кратка социално-икономическа характеристика на изследваната територия

Целта на тази част от изследването не е да се направи подробна социално-икономическа характеристика на СЗР, а да се идентифицират важни проблеми на територията, имащи пряка връзка с достъпността.

Северозападният район на Република България по статистическото деление на ЕС (NUTS) включва областите Видин, Монтана, Враца, Плевен и Ловеч¹⁹.

Територията на СЗР се отличава със следните характеристики:

- Транспортна мрежа с три мода на транспорт – автомобилен, жп и речен.
- Демографски и икономически територии с негативен прираст на населението и негативни икономически тенденции, които дефинират потребителите на транспортната услуга.
- Територии с потребление предимно на публичен транспорт.
- Междуградски връзки, зависими от характера на автомобилния и автобусен транспорт.
- Ограничен брой на трасета с висок транспортен клас.
- Ограничен брой на междуградски връзки – алтернативни трасета в графа.
- Граничност и периферност.
- Наличие на непреодолими към момента ограничители на транспортната достъпност – природни (планински релеф на юг и югозапад) и социално-икономически в обхвата на района (ниски средни доходи, застаряващо население).
- Относителна близост до областта на столичния град.

Значими за инфраструктурната свързаност на областта са коридори №4 и №7.

Входни параметри на моделиране

Дефинирането на СЗР и в частност областите Враца, Видин, Монтана, Плевен и Ловеч като обхват на труда, задава първичните параметри на моделиране.

Съществува зависимост между средния доход на глава от населението и развитието на различните мода на транспорт на дадена територия, както и между способността на държавата да поддържа транспортните инфраструктури и населението, което е потребител на транспортната услуга. Средните доходи на населението на селищата в общините е определящо за зависимостта на определени демографски групи от модите на транспорт, тяхната публичност, сигурност и достъпност.

¹⁹ По настоящетото регионално разделение на територията към 2018 год.

По данни на Държавната консултативна комисия по проблеми на безопасността на движение по пътищата, областите Ловеч и Плевен са намират на 9 и 11 място в класацията на инциденти по пътищата. В това отношение София-област се класира на 15-то място, а Видин, Враца и Монтана се намират по-назад в класацията, но не отстъпват по процент смъртни случай – в тази класация Ловеч и Плевен са на 7 и 9-то място. Налични са терминални двупосочни автобусни и жп връзки между всички областни центрове в СЗР и столицата. От автогара София се осъществяват средно по 5 пътувания на ден между областните центрове, с по 45 пътника (максимален брой места в пътнически автобус). Статистическите данни показват покачване на броя на потребителите на лични превозни средства със средно 2000 автомобила на година за област.

Предимството на векторното моделиране в подобна среда се състои във високата точност на оценката и относителното освобождаване на оценката от субективни фактори. Подборът на индикатори, които ще участват в транспортния модел, е базиран на наличните и достъпни за ползване статистически данни и на регулаторната база, а резултатите са базирани на поредица от логически последователни операции.

Функционалностите на различните софтуерни пакети при осъществяването транспортно моделиране изискват допълнителен анализ и подбор на подходящ софтуер за осъществяване на различните моделни операции.

4. Методология

4.1 Създаване на база данни

За да бъде възможно практично и аналитично разработване на транспортни модели за достъпност, е необходимо изграждането на подходяща база данни. Изискванията към базата данни са следните – да отговаря на международните стандарти (коректност, високи качества на данните²⁰, метаданни по INSPIRE), да има необходимото съдържание за изграждане на моделите.

Всяка една от областите притежава свои собствени отличителни характеристики, поради което за всяка една от тях е разработена стартова геобаза данни в ESRI ArcMap формат (.gdb). Същевременно за целите на регионален анализ са подбрани стандартни териториални характеристики, които предоставят възможност за модифициране на основни транспортни модели и позволяват допълнителен анализ (средна заплата на населението, основни точки на движение, главни маршрути и др.). Географските данни са в Универсална трансверсална меркаторова проекция (UTM) в световната геодезична система (WGS84).

В началото на всеки подраздел на труда са включени разяснения за характера на данните, които участват в различните модели – техните съдържателни количествени и качествени характеристики.

²⁰ Вж. напр. http://cnig.gouv.fr/?page_id=1177



Фигура №8 Модел на разработените бази данни за целите на дисертацията

Входни данни

Основен източник на информация е Open Street Data²¹, от където могат да бъдат свалени транспортните мрежи за цялата страна. От същия източник могат да бъдат свалени и широк набор от пространствени данни, свързани с характера на територията, индустрията и услугите, които се развиват в съответния географски обхват. Използваните изходни данни с отворен код изискват последователна и прецизна обработка предварителна обработка. Този процес включва:

- Разархивиране на данните от силно компресиран пакет с информация, където всички информационни масиви се съдържат в три графични групи – линии, точки и полигони.
- Топологична обработка на данните – премахване на излишни участъци, зони на презастъпване и повторение, както и свързване на прекъснати сегменти.
- Съдържателна обработка – премахване на атрибутивни полета, които нямат отношение към целите на моделирането.
- Анализ на съдържанието и необходимостта от качествени допълнения.

Основен източник на демографски данни е НСИ. Те също бяха подложени на обработка, за да може по-прецизно да бъде представена концентрацията на населението в урбанизираните територии.

Обработка на данните

За целите на пространствен анализ информацията е разпределена в тематични набори от данни – демографски, транспортен, териториален. Наборите от данни са съобразени с характеристиките на територията, които подлежат на анализ при създаването на географски модел за достъпност.

Демографският набор от данни съдържа информация за гъстотата на населението в рамките на селищната мрежа и възрастовите групи, които могат да се възползват от услугите на транспортната инфраструктура.

Инфраструктурният набор от данни съдържа информация за транспортната инфраструктура – клас и тип пътища, дължини на пътищата, максимално допустими

²¹<http://learnosm.org/en/osm-data/osm-in-qgis/>

скорости. Данните са представени във векторен формат - линии (пътища), точки и полигони (териториални елементи). Във всеки един от графичните примитиви, данните са класифицирани според спецификата на разглежданата информация и териториален обхват.

От основните три базиданни са изнесени допълнителни бази данни с информация за различните раздели на дисертацията. Разработката на отделни бази данни за различните йерархични обхвати създава възможност за допълване на информацията за бъдещи изследвания с подобна насоченост. На базата на тези различни в йерархичен обхват бази данни могат да се разработят моделни сценарии, извън анализирания в рамките на дисертацията – да се изнесат различни опции за развитие на мрежовата архитектура и дори да се разработи система за интелигентен транспорт.

Верификация

Транспортната инфраструктура е верифицирана спрямо ортофотото изображения и сателитни изображения. Осъществени са топологични проверки за висящи линейни участъци в транспортната мрежа – line dangles. Точността на линейните сегменти е в рамките на 3 м, което представлява изключително висока точност в сравнение с данните на базата данни JICA.

Над 90% от линейните сегменти попадат в централната ос на транспортните коридори, които те описват. Това се дължи на постоянното графично допълване на глобалната база на OSM и систематичното обновяване на базата данни – на глобално ниво то се извършва всяка седмица.

Осъществени са топологични проверки за фалшиви възли (псевдовъзли), които могат да преставляват проблем за придвижването в рамките на мрежата. Работата с графи предполага, че всеки един възел функционира като крайна точка на потока или като връзка между ребрата - всеки възел трябва да съдържа информация за движението в мрежата. Липсата на подобна информация представлява топологичен проблем, който може да повлияе на резултата при моделиране. Едва след осъществяването на топологични проверки е възможно да бъде създаден транспортен модел, базиран на теорията на графите. Строгата топологична точност на мрежата позволява резултатите от всяко едно запитване да бъдат сравними с реалната обстановка. Всяка единица разход време/пари може да бъде сравнена с реалния разход време/пари и верифицирана на терена.

4.2 Изграждане на транспортна мрежа

Създаването на транспортна мрежа позволява реализирането на симулации на базата на двупосочни връзки в мрежата. За тази цел е необходимо да се кодират коректно върховете и възлите на графите. Еднопосочните улици трябва да бъдат кодирани като крайни за мрежата, а двупосочните и свързаните с други линейни сегменти могат да бъдат кодирани с йерархичност в мрежата. На всеки един краен връх в мрежата може да бъде зададен клас, на всеки възел приоритет, който да показва предпочитаната посока на движение. За целите на модела на всяка крайна точка на

движение може да бъде зададена тежест в зависимост от предпочитанията на потребителя.

Основна функционалност на векторното моделиране е, че позволява всеки един възел в мрежата да представлява стартова точка на нов алгоритъм.

4.3 Кодирание на възли в мрежата

Кодиранието на възлите в транспортната мрежа е основно изискване за коректното функциониране на всеки векторен транспортен модел. За постигането на резултат при опциите на движение в моделна среда е необходимо да се знае кой възел от мрежата е краен за съответното „ребро“ и кой възел позволява двупосочно движение. При наличието на интермодалност е необходимо да се кодират всички посоки на движение в мрежата със съответната посока по протежение на линейния сегмент.

Последователността от технически стъпки за обработка на данните е следната:

1. Дефиниране на необходимите данни за анализ на процес/проблем.
2. Дефиниране на характеристиките на данните – точност, релевантност, времева точност.
3. Оцифряване – при липса на готови информационни масиви, верификация – при наличност на данните.
4. Запълване на информационни празноти и/или ограничаване на параметрите на модела според наличността на информация.
5. Класификация на типовете информация.
6. Дефиниране на разходната единица – време, пари, пространство.
7. Дефиниране на топология и топологична коректност в мрежата.

Изпълнението на изискванията към ГИС базите данни за целите на това изследване включва:

1. Дефиниран е обхват на територията, който се отличава със специфични регионални характеристики. Разгледани са спецификите на всяка една област и на региона като цяло.
2. Дефиниран е подходът при обработка на данните – векторно моделиране за по-висока точност на постигнатите резултати и по-висока степен на обективност при обработка на данните.
3. Информационните нужди за целите на качествен анализ на територията са удовлетворени по достъпен и обективен начин с информация от публично достъпни източници. В конкретния случай – данни от Open Street и НСИ.
4. Поради източника на данни (open source) са направени множество проверки за изчистване на топологични неточности. Осъществена е верификация спрямо ортофото и сателитни изображения.
5. Демографските данни са разпределени по сгради в рамките на населените места, които участват в анализа.
6. Локализиран са основните райони на заетост, медицински и образователни центрове, които се разглеждат като начални и крайни точки на движение в част от симулациите.

7. Транспортната инфраструктура е анализирана с помощта на множество различни софтуерни пакети. Въведени са основни характеристики на данните – клас път, дължина на пътя, посока на връзките.
8. Дефинирана е разходна единица време. Дефинирана е и претеглена, осреднена разходна единица „пари“.
9. Където е възможно, са верифицирани полево резултатите от обработката на данни и изграждането на векторни модели.

4.4 Инструменти за моделиране

Инструментариумът за моделиране на транспортната достъпност варира в зависимост от характеристиките на модела. За целите на различните моделни представяния на инфраструктурите съществуват широк набор от моделни инструменти.

С помощта на InfraWorks²² се визуализират и анализират характеристики на средата по отношение на инфраструктурата. Autodesk Civil, подобно на Infraworks, позволява анализирането на метриката на инфраструктурата.

TransCAD²³ представлява друг софтуерен продукт, който се използва за моделиране на транспортната инфраструктура. Той позволява интеграция на .shp данни, а транспортното моделиране се осъществява на базата на векторни данни със зададена топология и индекси за натоварване. Възможностите на продукта включват анализиране на транспортни потоци през определени връзки и анализ приходи/разходи за определено пътуване в матричен вид.

Разработката на модели, които анализират задълбочено както спецификите на транспортната инфраструктура, така и нейния ефект върху средата, е възможна с помощта на географските информационни продукти на ESRI – в частност ArcMap и Network analyst. Модулът Network analyst функционира на базата на фундаменти, заложили в алгоритъмът на Дейкстра – натрупване на разходи и най-кратък маршрут. Друга съществена функционалност на ArcMap е, че позволява използването на множество инструменти за целите на широкообхватен транспортен анализ и анализ на потреблението на транспортната услуга. Към софтуерния пакет на ESRI са разработени множество допълнителни инструменти за анализирането на транспортната достъпност на различни йерархични нива. Такива са инструментите за анализ на градски мрежи/Urban network analyst toolbox (UNAT)²⁴ и професионалният пакет на Citilabs Cube²⁵.

Sugar Access е инструмент за анализ на достъпността на населението до определени услуги. Отличителното за Sugar са възможностите за анализ на разнородни информационни масиви - информация за населението и неговата заетост, за спирките на градския транспорт, за качествата на транспорта и достъпността на конкретен индивид до „възможности“ в рамките на мрежата.

²²<https://www.autodesk.com/products/infraworks/overview>
<http://www.caliper.com/PDFs/TransCADBrochure.pdf>

²³<http://www.caliper.com/tcovu.htm>

²⁴<http://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis.html>

²⁵<http://www.citilabs.com/>

За да бъдат реализирани качествени модели на реалността в ГИС среда е необходимо задълбочено познание за ефективността на различни инструменти и техните недостатъци. Познаването на различните подходи при моделиране на транспорта позволява по-коректно анализиране на получените резултати и верификация чрез алтернативно моделиране.

5. Модели на транспортна достъпност в СЗР

Моделирането в ГИС среда позволява анализиране на множество характеристики на даден обект или явление. Възможно е разработването на модели за развитието на дадена територия и разработката на коректни предвиждания за слабостите и силните страни на различни инфраструктурни проекти. Разглеждането на различни проектни приложения в контекста на различни йерархични нива извежда на преден план конкретните характеристики на определени транспортни сценарии. Сценариите могат да се разработят с различни тежести и в рамките на различни мрежови характеристики да бъдат изведени като аргументи „за” или „против” определено предложение.

Ползите от моделирането на транспортната достъпност на различни йерархични нива са неоспорими. Ефектите на промени в транспортната инфраструктура имат различно значение в зависимост от географския обхват. Едно стратегическо предвиждане на регионално ниво, което има видимо позитивно отражение върху качеството на средата, може да има контрастиращо отражение върху качеството на микро-средата.

Разработката на транспортни модели за достъпност следва да се разглежда през призмата на кохезия на транспортните решения на градско, общинско и областно ниво. По данни на Европейската комисия над 80 % от населението на ЕС ще е концентрирано в градовете до 2020 година²⁶. Високата концентрация на население се дължи на достъпа до определени ключови услуги, които са налични в градска среда и отсъстват или са поставени под въпрос в селска среда²⁷. Тази настояща представа за характеристиките на транспортната достъпност предстои да се „отвори“ още повече с навлизането на новите транспортни технологии за last mile accessibility (достъпност в последната миля).

5.1 Микросимулации

Микросимулациите в ГИС-Т са тип модели, които анализират конкретни транспортни сценарии в ограничени мащаби. Те са подходящ инструмент за анализ на случващото се в градска среда, защото изследват конкретни параметри на единични събития с локално отражение.

Създаване на микросимулации с ГИС-Т

Микросимулациите се осъществяват на базата на системни връзки. Транспортът е една от системите вътре в градската микросреда и е логично да бъде моделиран на

²⁶http://ec.europa.eu/environment/urban/index_en.htm

²⁷Достъпност до работа и развлечение по цитати от доклада за достъпност на селските региони.

базата на теория на графите²⁸. За да бъде осъществена микросимулация на транспортната достъпност в градска среда е необходимо да се разгледа демографската специфика на населеното място на ниво сграда.

За целите на създаване на микросимулация на транспортната достъпност беше необходимо да бъдат обработени следните масиви от данни:

- демографски данни – разпределение на населението по сгради, което позволява микроанализ на транспортното потребление в рамките на един или повече градски квартали;
- транспортни данни – дефиниране и анализа на разходните параметри за преодоляване на определено пространство за единица време;
- данни за услугите в рамките на града – локализацията на определени услуги предопределя началните и крайни точки на движение.

Първоизточник на данните за пътищата е линеен слой от базата на OSM, която съдържа класификация на пътищата. За всеки тип път е въведена максимална възможна скорост за преминаване 50 км/ч по Правилника за прилагане на закона за движение по пътищата. Чрез функцията Calculate Geometry ArcMap позволява да се измери дължината на всяка една отсечка от транспортната мрежа.

Двете конкретни стойности – дължина на транспортен сегмент и максимална възможна скорост позволяват да се изчисли скоростта за преминаване на метър в минута. Атрибутивната таблица на линейния слой след обработка изглежда по следния начин:

№	OBJECTID	SHAPE	highway	name	ref	maxspeed	oneway	surface	junction	MeterperMin	Length	TimeToPass	Cost	Town	SHAPE	Length
1		Polyline	tertiary	401	401	50	yes	<Null>	<Null>	0.833333	2294.181289	1911.891075	31.883351	Lovech		2294.181289
2		Polyline	tertiary	401	401	50	yes	<Null>	<Null>	0.833333	2297.41917	1914.515975	31.9086	Lovech		2297.41917
3		Polyline	secondary	35	35	60	yes	asphalt	<Null>	1	1190.966134	1190.966134	19.849436	Lovech		1190.966134
4		Polyline	secondary	35	35	60	yes	asphalt	<Null>	1	1179.046206	1179.046206	19.65077	Lovech		1179.046206
5		Polyline	residential	<Null>	<Null>	20	<Null>	<Null>	<Null>	0.333333	1137.927813	379.309271	6.321821	Lovech		1137.927813
6		Polyline	residential	<Null>	<Null>	20	<Null>	<Null>	<Null>	0.333333	549.157927	183.05242	3.058077	Lovech		549.157927
7		Polyline	residential	<Null>	<Null>	20	<Null>	<Null>	<Null>	0.333333	236.584179	78.981393	1.314357	Lovech		236.584179
8		Polyline	secondary_link	<Null>	<Null>	50	yes	asphalt	<Null>	0.833333	106.161069	88.46758	1.474459	Lovech		106.161069
9		Polyline	residential	<Null>	<Null>	20	<Null>	<Null>	<Null>	0.333333	136.992379	45.664126	0.761069	Lovech		136.992379
10		Polyline	secondary_link	<Null>	<Null>	50	yes	asphalt	<Null>	0.833333	51.831372	43.19281	0.71988	Lovech		51.831372
11		Polyline	residential	<Null>	<Null>	20	<Null>	<Null>	<Null>	0.333333	317.447936	105.815979	1.7836	Lovech		317.447936
12		Polyline	secondary_link	<Null>	<Null>	50	<Null>	asphalt	<Null>	0.833333	182.757546	152.297855	2.538299	Lovech		182.757546
13		Polyline	secondary_link	<Null>	<Null>	50	yes	asphalt	<Null>	0.833333	102.006031	85.005026	1.41675	Lovech		102.006031
14		Polyline	secondary_link	<Null>	<Null>	50	yes	asphalt	<Null>	0.833333	69.826745	58.188954	0.969816	Lovech		69.826745
15		Polyline	secondary_link	<Null>	<Null>	50	<Null>	asphalt	<Null>	0.833333	181.843118	151.535932	2.525599	Lovech		181.843118
16		Polyline	secondary	35	35	60	yes	asphalt	<Null>	1	99.818068	99.818068	1.663634	Lovech		99.818068
17		Polyline	secondary	35	35	60	yes	asphalt	<Null>	1	99.03996	99.03996	1.650666	Lovech		99.03996
18		Polyline	secondary	35	35	60	yes	asphalt	<Null>	1	298.773257	298.773257	4.979554	Lovech		298.773257
19		Polyline	secondary_link	<Null>	<Null>	50	yes	asphalt	<Null>	0.833333	62.95943	52.466191	0.874437	Lovech		62.95943
20		Polyline	tertiary_link	<Null>	<Null>	35	yes	asphalt	<Null>	0.583333	88.3206	51.52035	0.858672	Lovech		88.3206
21		Polyline	secondary	35	35	60	yes	asphalt	<Null>	1	296.800635	296.800635	4.948677	Lovech		296.800635
22		Polyline	secondary_link	<Null>	<Null>	50	yes	asphalt	<Null>	0.833333	90.807868	75.76556	1.282809	Lovech		90.807868
23		Polyline	residential	<Null>	<Null>	20	<Null>	<Null>	<Null>	0.333333	237.324773	79.108258	1.318471	Lovech		237.324773
24		Polyline	residential	<Null>	<Null>	20	<Null>	<Null>	<Null>	0.333333	440.546559	146.848853	2.447481	Lovech		440.546559
25		Polyline	residential	<Null>	<Null>	20	<Null>	<Null>	<Null>	0.333333	402.607089	134.202363	2.236706	Lovech		402.607089
26		Polyline	residential	<Null>	<Null>	20	<Null>	<Null>	<Null>	0.333333	930.760781	310.763546	1.83754	Lovech		930.760781

Таблица №4 Съдържание на слой с обработени данни за транспортната мрежа в градска среда.

- Полето “highway” съдържа класификация на пътнотранспортните отсечки.
- Полето “name” съдържа името на улицата.
- Полето “maxspeed” съдържа максималната позволена скорост според националното законодателство на Република България.
- Полето “oneway” съдържа информация за това дали трасето е еднопосочно или двупосочно.

²⁸ Движението в една част от мрежата може да се отрази върху характеристиките на друга част от мрежата – при натоварване на движението в едната част от мрежата, трафикът може да бъде пренасочен към алтернативно трасе.

- Полетата “*surface*” и “*junction*” съдържат допълнителна информация за качеството на настилката (асфалт, чакъл и т.н) и за транспортните връзки.
- Полето “*MeterperMin*” представлява изчисление на времето, необходимо за преминаване на 1 метър с максимална прагова скорост.
- Полето “*Length*” съдържа дължината на пътната отсечка в метри.

Микросимулациите предполагат разработването на сценарии в градска среда, което от друга страна предполага използването на максимално конкретизирани стойности за преминаване на сегмент от мрежата.

Полето “*Cost*” (или „разход“) е с най-голямо значение за моделирането на транспортните връзки, защото чрез него е възможно:

- да се изчисли разходът в бензин/валута за преминаване на определена отсечка,
- да се определи оптималният маршрут за достигане до определена дестинация,
- да се прогнозира степента на натоварване по трасета в градска среда,
- да се определи обхватът на обслужващи зони в градска среда,
- да се определи къде може да се пренасочи трафика при ремонтни дейности и/или при пътнотранспортни инциденти.

Данните, които са използвани в този труд, са *обработвани на ръка*.

Поради изключително слабата застъпеност на моделиране на транспорта с ГИС при предприемането на управленски решения в България, към настоящия момент, липсват необходимите пътни сензори, мониторингови станции и информационни масиви за коректно моделиране на мобилността в страната. Въпреки това, логическите и аритметичните изчисления водят до максимално близки до реалността решения на съществуващи проблеми²⁹.

Микросимулациите могат да се използват за:

- моделиране на маршрут,
- моделиране на алтернативни трасета,
- моделиране на положение/разположение,
- моделиране на обслужваща зона.

За да се анализират коректно микросимулациите и качествата на моделиране с теория на графите в градска среда, е необходимо да се разгледат предимствата и недостатъците на този тип моделиране във всеки един транспортен сценарий.

Моделиране на маршрут

Моделирането на маршрут чрез теория на графите е и едно от най-лесните за верификация, защото се позовава на алгоритъма на Дийкстра и позволява линейно метрично измерване.

Създаването на маршрути с приложението Network Analyst на ESRI позволява анализ на критичните точки на движение и отсечки, които представляват по-голям разход при преодоляването на определено пространство. Моделите целят да демонстрират отличителни характеристики на моделирането с графи, а именно:

- точност на разход – време и пространство (до секундата),

²⁹ Данните, използвани за моделите, са тествани полево на територията на град Ловеч за моделите, които са с отношение към градския и обществен транспорт на територията на града.

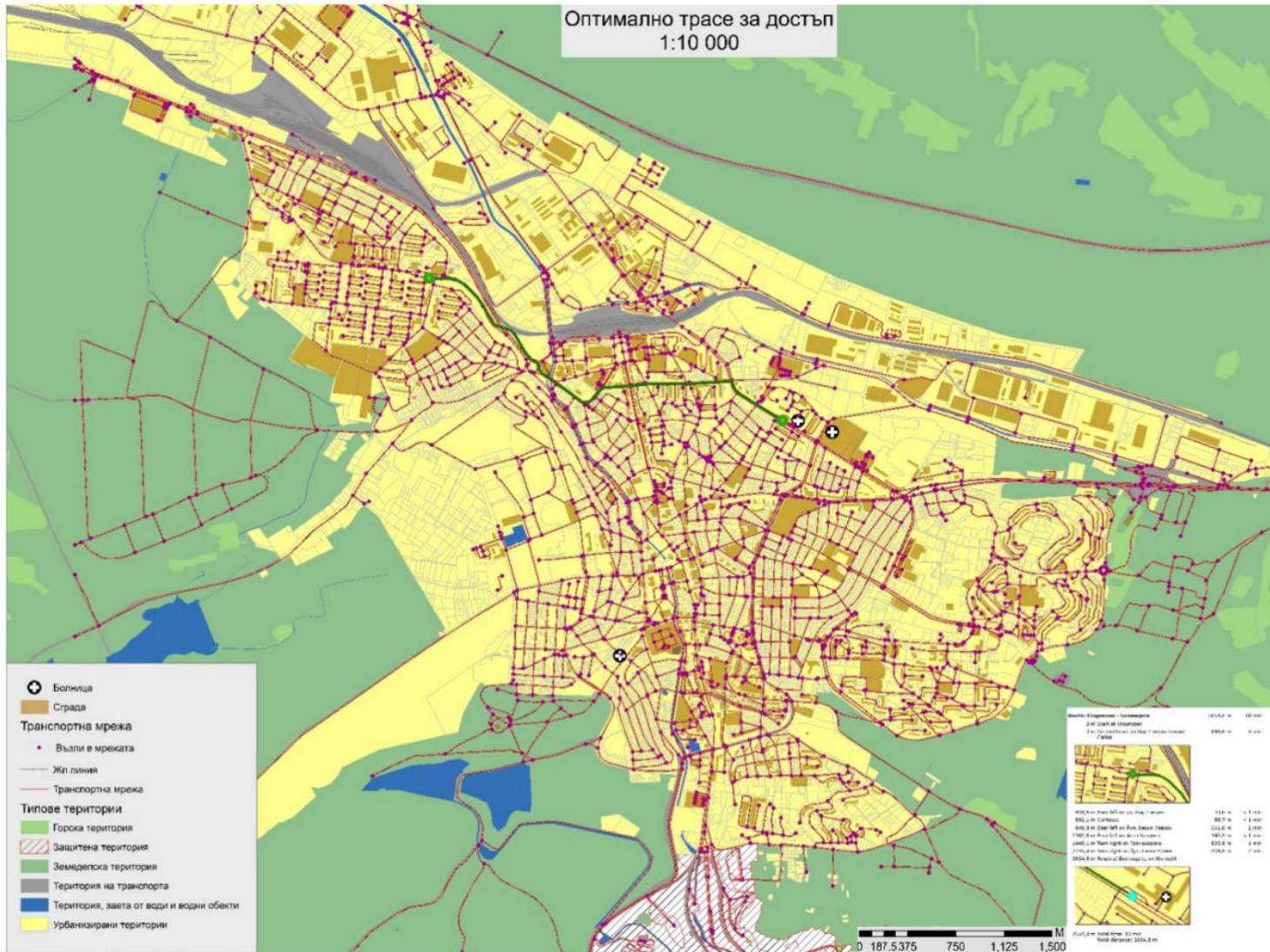
- топология на движението вътре в мрежата,
- насоки на алгоритъма.

Маршрут №1 започва от градската болница, преминава през центъра на града и пазара и приключва на автобусната гара. Времето за преминаване се равнява на 30 мин.

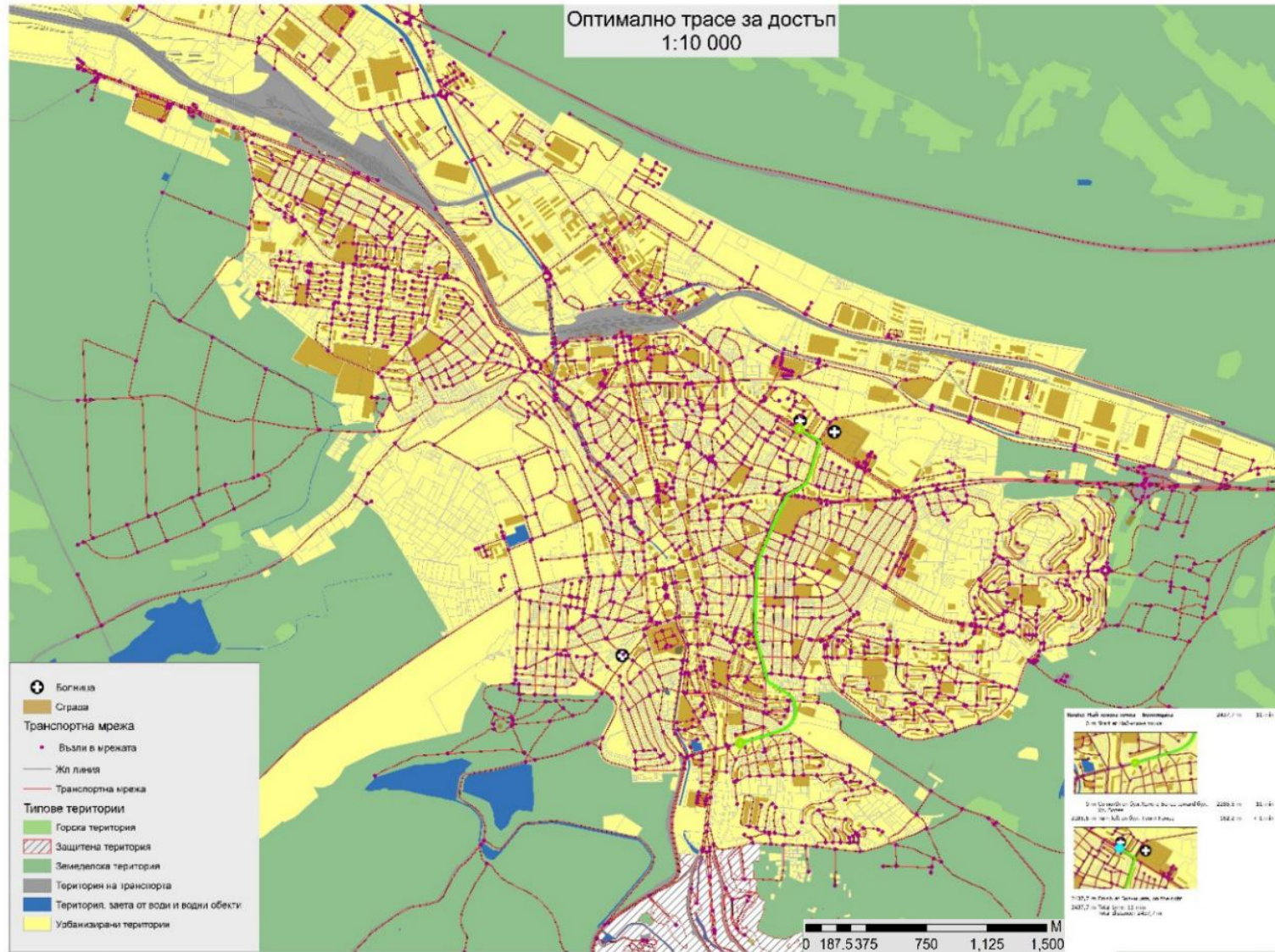
Маршрут №2 започва от централния път за града, преминава през същите междинни спирки и приключва на същата финална спирка – автогарата.

Решението на алгоритъма показва, че движението по това трасе е по-бързо с 4 минути (общо 26 минути) и 600 метра по-късо.³⁰ Модел №8 демонстрира решение за определянето на оптимално трасе в мрежа. От всички трасета в рамките на мрежата за конкретната отправна точка в ж.к. Сторгозия е избран най-оптималният маршрут за достъп до УМБАЛ Георги Странски. Освен че моделът позволява измерване на разход време и пространство – в конкретния случай 10 минути за достъп до болницата, той позволява да се разгледат и отсечките с най-голям сравнителен разход време.

³⁰ Скоростите на призвигване в мрежата за публичен транспорт са 2.5 пъти по-ниски, отколкото тези за лично превозно средство предвид тежестта на превозното средство.



Модел №8 Оптимално трасе за достъп до болнична услуга



Модел № 8 Оптимално трасе за достъп до болнична услуга - сценарий №2.

Моделиране на алтернативни трасета

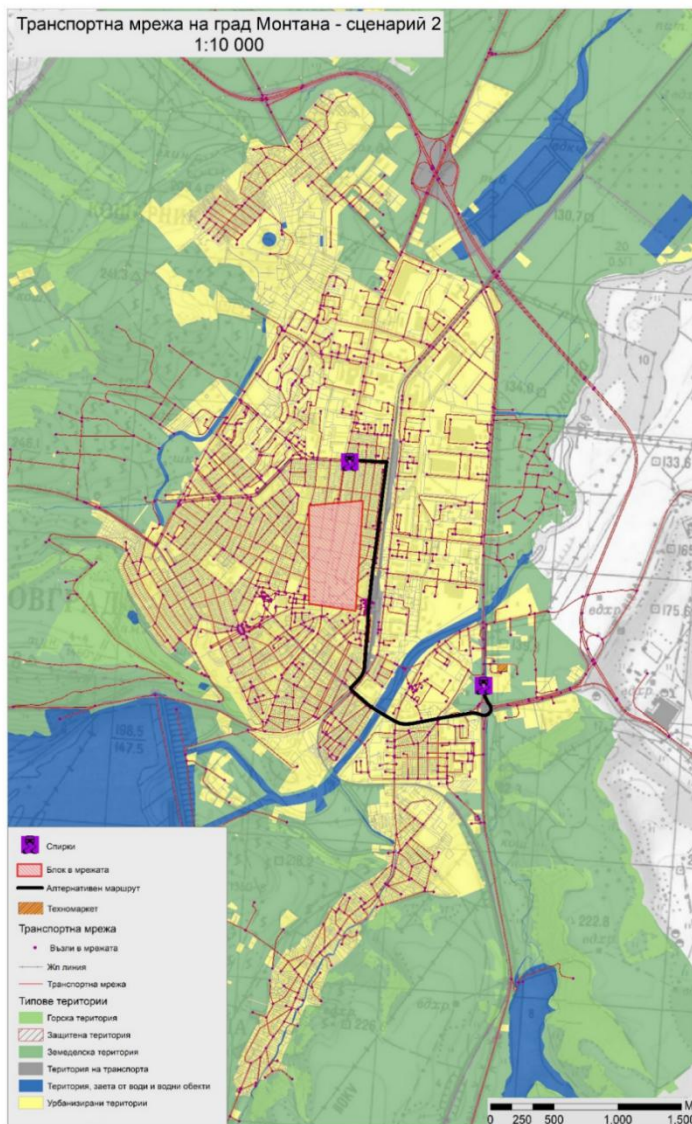
Моделирането на алтернативни трасета представлява приложение на различните индекси за достъпност в рамките на една транспортна мрежа. Всяка връзка в рамките на градската среда може да бъде оценена на базата на индексите, представени в теоретико-методологичната част на труд. В частност α индекс, който измерва броя на завоите в мрежата, спрямо максималния брой възможни връзки.

Например, модел №17 представлява векторна достъпност до Техномаркет в Монтана от жилищна сграда. Сценарият е ежедневен и напълно разбираем за всеки жител на града и потребител на услуги от техномаркета.

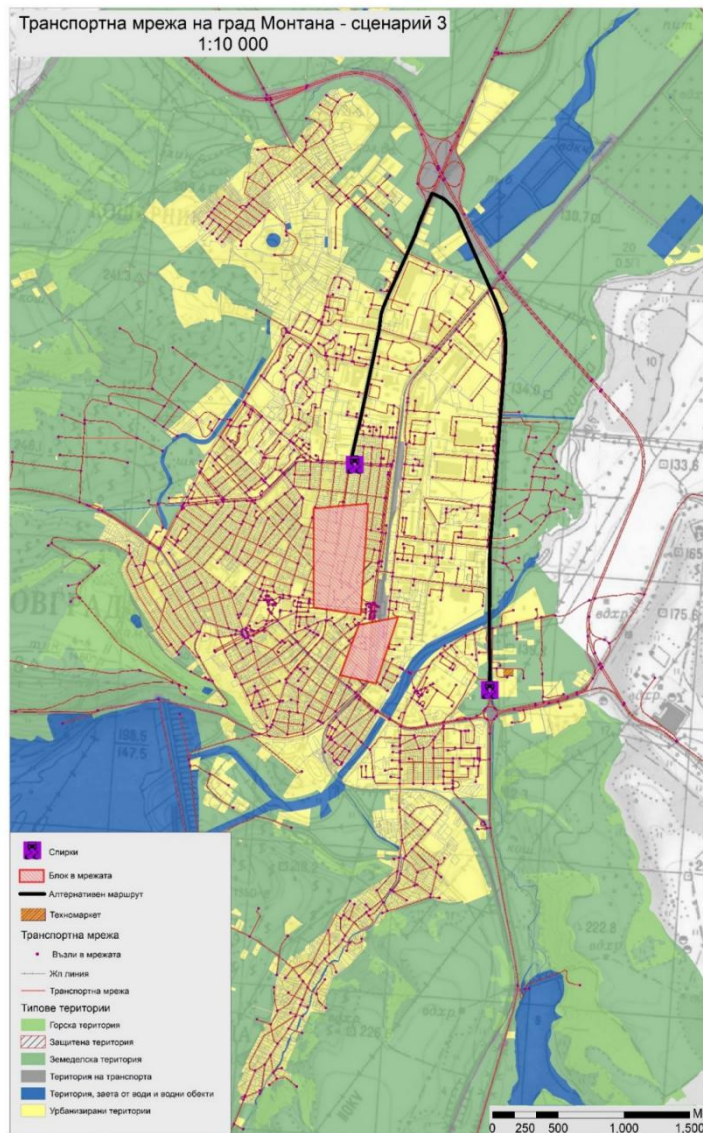
Моделирането на транспортната достъпност в мрежа чрез теория на графите позволява определянето на най-ефективното трасе за преодоляване на пространството. Разполагането на графични блокове в мрежата позволява анализ на заобиколните трасета и ключовите артерии за достъп до този търговски обект. Подобен анализ е изключително ценен от гледна точка на планирането на ремонтни дейности по ключови сегменти от транспортната мрежа. Освен това, този анализ позволява моделиране на транспортното натоварване на съответната мрежа при екстремни транспортни условия.

Моделиране на положение/разположение

Моделите положение/разположение предоставят възможност за анализ на конкуренцията между две различни локализации за търговски обекти в градска среда. Подобни модели могат да се използват за демонстрация на логистичните разходи между две локации на икономически обекти.



Модел № 12 Алтернативно трасе за достъп—сценарий 2.



Модел № 13 Алтернативно трасе за достъп— сценарий 3.

В резултат от разпределението на дистрибуторната мрежа, наличните ГИС инструменти позволяват задаването на приоритет на определени точки над други. Правилата на топологията са изпълнени както по отношение на движението в мрежата (curb approach), така и по отношение на последователността и индивидуалността на точките.

Name	OriginID	DestinationID	DestinationRank	Total Cost
Graphic Pick 1 - Graphic Pick 7	1	8	1	9,539445
Graphic Pick 1 - Graphic Pick 9	1	10	2	11,880958
Graphic Pick 1 - Graphic Pick 11	1	12	3	13,294586
Graphic Pick 1 - Graphic Pick 3	1	2	4	14,242537
Graphic Pick 1 - Graphic Pick 8	1	9	5	16,10638
Graphic Pick 1 - Graphic Pick 2	1	1	6	19,75562

Модел №156 Решение на модела – разход до дестинация.

Топологията на точките в рамките на мрежата е отразена в полетата “PosAlong” и “SideofEdge”, които показват теоретичното положение на превозното средство в мрежата. При наличието на множество точки автоматично се интегрира йерархия в решението, която поставя на първо място точките с най-оптимално положение. В полето “TotalCost” е интегриран разход в минути за преодоляване на определено пространство по най-оптималния маршрут.

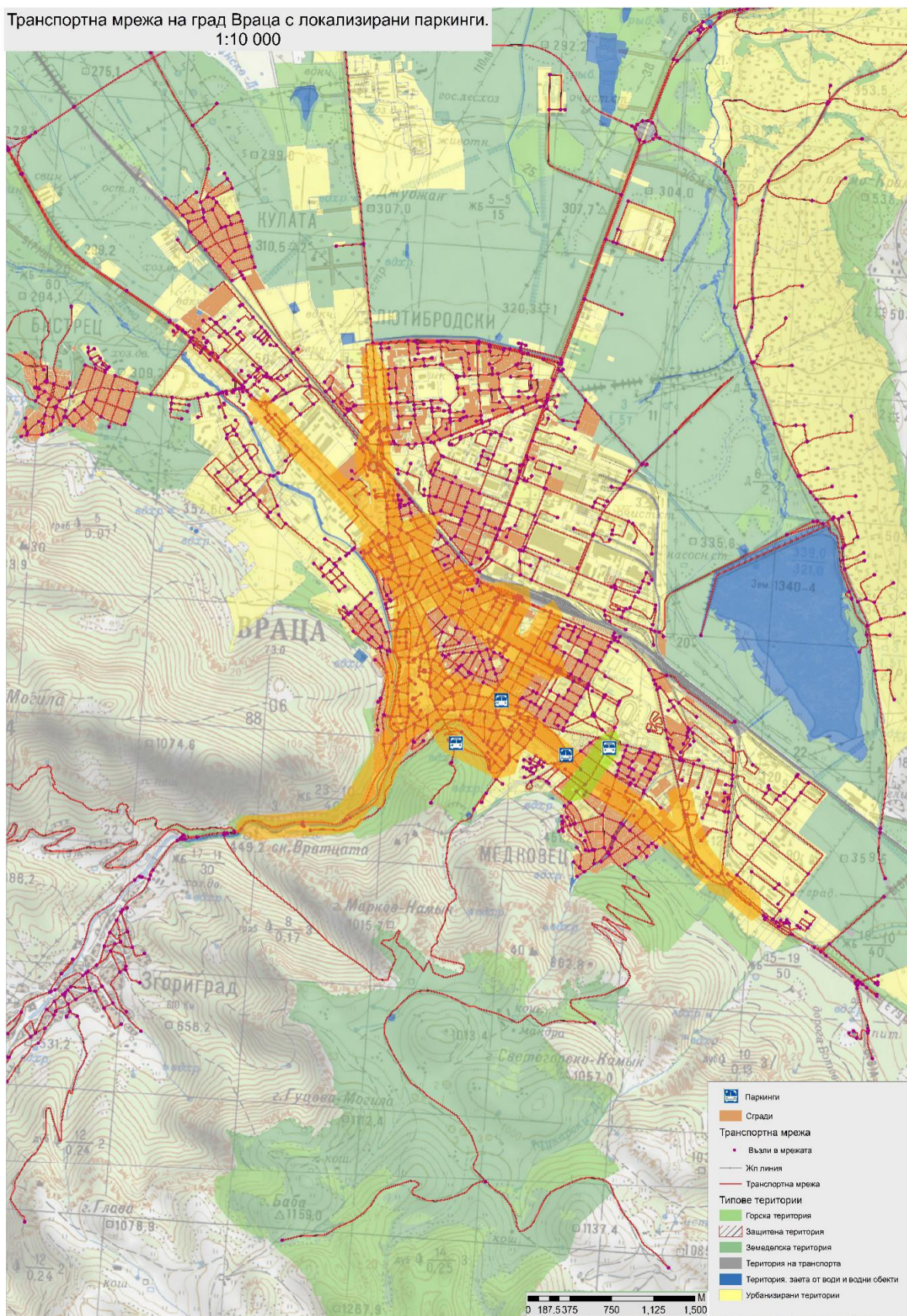
Калкулацията на разход-време в представените примери в тази част на дисертацията би могло да бъде използвано за икономическа обосновка при микро бизнес анализи.

Моделиране на обслужваща зона

Моделирането на обслужващи зони е процес на визуализация на всички пътища и потенциални нива на достъп до определена точка в мрежата. Разработеният модел позволява застъпването на обслужващи зони, като се дава приоритет на зоните с по-висока степен на достъпност. Резултатът от моделирането е зона, която обхваща всички пътища с конкретна времева достъпност до точката на обслужващия обект.

Подобни типове модели за обслужваща зона при различни сценарии могат да се използват за моделиране на отношенията на икономическите субекти в транспортната мрежа – бензиностанции, обслужващи и допълващи зони. Като пример демонстрираме модел за определяне на обслужваща зона към паркингите в гр. Враца.

Транспортна мрежа на град Враца с локализиран паркинги.
1:10 000



Модел №17 Определяне на обслужваща зона към паркингите на град Враца.

5.2 Общинска достъпност

Общините в разглеждания географски обхват на областите в СЗР са различни от гледна точка на своята икономическа специализация, но същевременно са обединени под общия знаменател на социалната и демографската изостаналост.

Транспортната достъпност на това йерархично ниво може да се разглежда като основополагаща характеристика за развитието на населените места от икономическа и социална гледна точка. Поради тази причина информацията за анализ и оценка на достъпността е селектирана и обработена по качествено различен начин.

В базата данни, която е включена към труда, за всяка една община са приложени следните информационни масиви:

- данни за територията, включващи обхвата на населените места;
- данни за населението по НСИ, осреднено и привързано към полигона на населеното място;
- данни за транспортната инфраструктура с най-важните пътища от републиканската и общинската пътна мрежа, различните моди на транспорт, ако такива са налични, покритие на публичния транспорт в рамките на общините.

Моделиране на зависимост на населението от ключови транспортни артерии

Административното деление на територията на страната е унаследено от предходни исторически етапи на централизация. Структурата на селищата в рамките на разглеждания териториален обхват е показателна за административно наложеното йерархичното разпределение на услуги на общинско и областно ниво.

Моделирането на транспортната достъпност от икономическа гледна точка позволява анализа на основните транспортни артерии, калкулация на разход за преодоляване на пространство в мрежата и нивата на достъпност до ключови услуги през призмата на населението.

В базата данни, която е приложена към труда, са представени и населените места, които могат да бъдат разгледани като поддържащи центрове на общинско ниво. Тези центрове имат традиционни и допълващи функции. В рамките на СЗР са идентифицирани следните поддържащи центрове:

- Троян, Луковит, Тетевен – за област Ловеч.
- Белене, Левски, Червен бряг – за област Плевен.
- Козлодуй, Бяла Слатина, Мездра, Оряхово – за област Враца.
- Лом и Берковица – за област Монтана.
- Белоградчик – за област Видин.

На карти №№11-15 в дисертационния труд са визуализирани селищните структури на областите Видин, Враца, Монтана, Ловеч и Плевен по НКПР. Преглед на йерархизацията на населените места в рамките на териториите показва зависимостта между центрове и периферии, като всяка една община изпълнява ролята на център с множество гравитиращи населени места.

Индекси за свързаност. Анализ на базата на моделни данни

Индексите, които са приложими за измерване на мрежовите отношения между населените места в СЗР, са *алфа* (α), *бета* (β) и *гама* (γ). За целите на сравнимостта в анализа са включени и всички главни пътища и републиканската пътна мрежа.

Таблица №10 се основава на данните от мрежовите модели за териториите на областите в СЗР.

Първият аналитичен резултат е този на алфа индекса, който се използва за измерване на ефективността на мрежата – броя завой, спрямо възможните завой. Индексът клони към 0,1 за цялата страна, което води до заключението, че транспортната инфраструктура приоритизира ефективност пред транспортни алтернативи. Данните показват, че инфраструктурата в областите е по-ограничена от гледна точка на транспортни алтернативи в сравнение с тази на страната. С най-висок α индекс са общините в област Ловеч – 0,133 и Видин 0,130. Враца е с най-малко транспортни алтернативи и най-линейна мрежова архитектура – 0,11. Алфа индексът за територията на цялата страна е доста нисък, което затвърждава концепцията за планарни мрежови отношения и липса на алтернативни и обходни маршрути. Потвърждава се и тезата за заложената централизирана традиция на териториално развитие, която е подчинена на административни отношения, но не и на икономически такива.

α индекс			
	и - завой	2v-5	Алфа индекс
Видин	78	599	0,130
Враца	104	917	0,113
Монгана	110	871	0,126
Плевен	134	1095	0,122
Ловеч	130	971	0,134
Главни пътища в страната	3848	27035	0,142
β индекс			
	е - линкове в графа	v - възли в графа	Бета индекс
Видин	369	302	1,222
Враца	549	461	1,191
Монгана	516	438	1,178
Плевен	644	550	1,171
Ловеч	599	488	1,227
Главни пътища в страната	16871	13520	1,248
γ индекс			
	е - линкове в графа	3(v-2) v брой възли	Гама индекс
Видин	369	900	0,410
Враца	549	1377	0,399
Монгана	516	1308	0,394
Плевен	644	1644	0,392
Ловеч	599	1458	0,411
Главни пътища в страната	16871	40554	0,416

Таблица №10 Анализ на индекси за транспортна свързаност в СЗР

Бета индексът анализира нивото на свързаност в мрежата. Резултатите над 1 в бета индекса говорят за добре развита система от връзки. Същевременно, β индексът не е твърде висок – над 1,50. Това води до извода, че мрежата не е силно развита.

От аналитична гледна точка γ индекс е с най-висока приложимост, защото дава цялостна оценка на ефективността на мрежата, за разлика от останалите индекси, които анализират само компоненти от нея. При анализа на републикански и главни пътища в рамките на страната γ индексът показва сравнително слаба свързаност – 0,42. Колкото по-висок е гама индексът, толкова по-добре са свързани населените места във Видин, Враца, Плевен, Монтана и Ловеч. Интересното при анализа тук е, че с 0,392 Плевен е с най-нисък индекс за свързаност, а на Ловеч е най-висок със стойност 0,411. С изграждането на нови транспортни връзки гама индексът се повишава. Различните алтернативи за транспортна свързаност повишават и γ . Гама индексът на Ловеч е по-висок поради наличието на малък автомагистрален участък на територията и по-добрата сравнителна свързаност с републикански пътища. Интересно би било да се проследи промяната на този индекс, спрямо исторически данни за територията.

Във всеки един от анализираните сценарии индексите са по-ниски от средните за страната. Това води до извода, че транспортната мрежа на СЗР не е достатъчно добре развита и е необходимо тепърва да се вложат усилия в подобряване на свързаността.

Модели за анализ на трафик зони в СЗР

Разработката на модел за зависимост от транспортен сегмент зависи от две компоненти – население и транспортна мрежа. Концентрацията на население в определен пространствен обхват дефинира потреблението на ключови транспортни връзки. Възможността на населението да се възползва от съществуващите връзки създава база за изграждането на бизнес отношения на територията, за създаването на нови работни места и за съхранението на демографския потенциал.

Моделите за анализ на трафик зони (АТЗ) са разработени за целите на дисертационния труд на базата на съществуващата статистическа информация за разпределение на населението и качеството на транспортната мрежа. Получените резултати могат да бъдат подобрени при наличието на информация за качеството на трасетата и при наличието на качествена мониторингова информация за броя превозни средства, които преодоляват пространството в определен отрязък от време.

За разработката на модела са използвани следните ключови инструменти:

1. Транспортна мрежа,
изградена с помощта на Network Analyst.
2. Rescale by function
(скалиране по функция) – използва се за прекалкулиране на растерна повърхнина, спрямо съществуващата статистика за територията.
3. За разработка на
модела е използвана функцията logic growth по отношение концентрация на населението по ключови транспортни артерии.

За моделиране са използвани за отправни точки градските центрове в обхватите на различните области. Приема се, че централната градска част се намира на 10 минути

остояние от периферията на градовете. Игнорират се всички вътрешносимулативни натовавания, забавяния и индивидуалното поведение на субектите в мрежата.

Резултатите от модела показват, че в различните области демографските процеси влияят върху зависимостите от транспортната инфраструктура по различен начин.

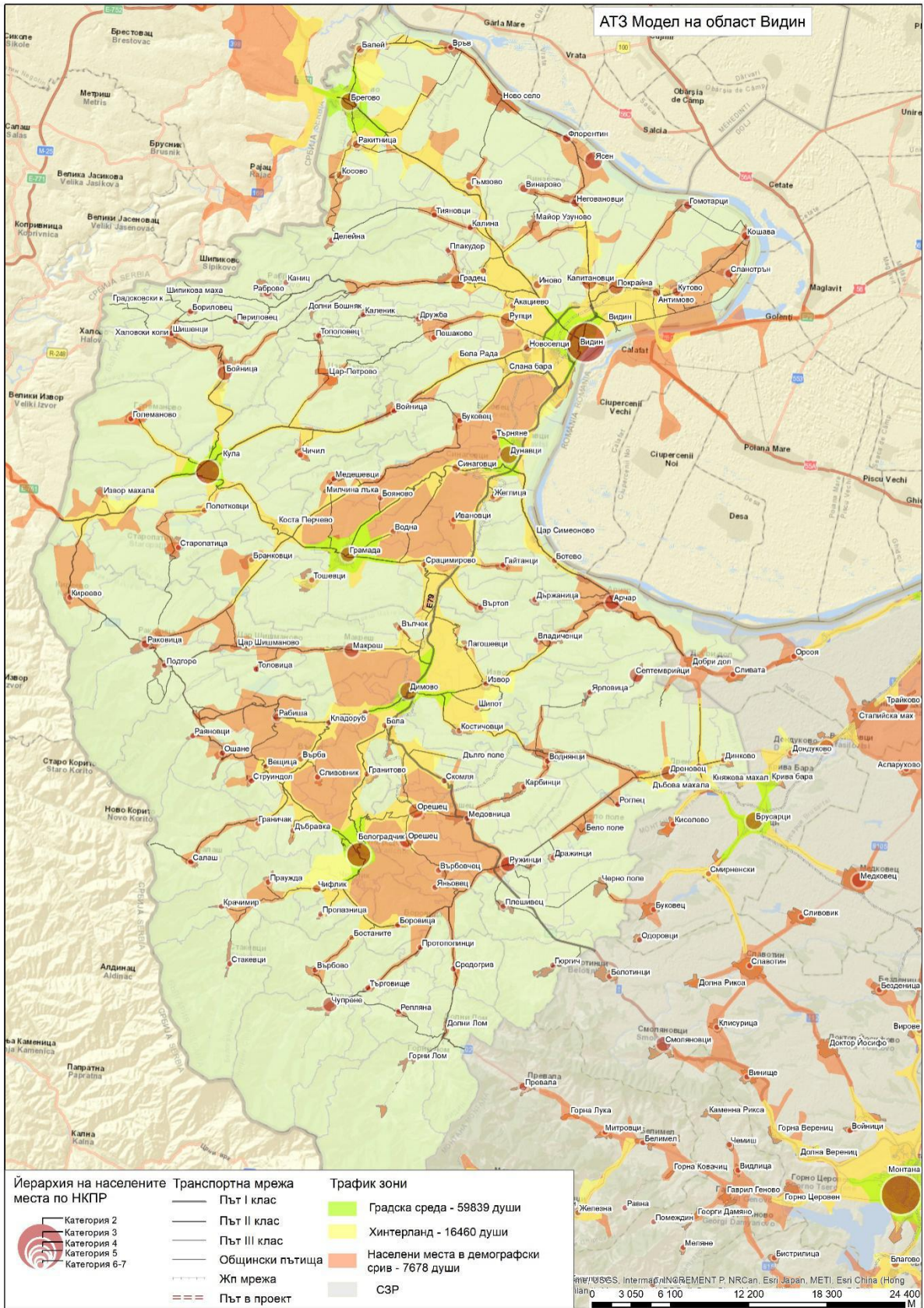
В *област Видин* (Модел №19) са отличими зависимостите: Видин – Кула, Видин – Грамада – Арчар, Белоградчик – Димово – Арчар.

Гравитационните зони около Брегово и Кула са слабо изразени в сравнение с тези около Видин и Белоградчик, където има най-голяма концентрация от населени места, силно зависими от транспортната достъпност. Зависими от услугите в градска среда и с подсигурана достъпност са 59 838 души, които са пространствено концентрирани в областния център. Зависими от общинските транспортни връзки са и всички територии в градския хинтерланд и гравитиращите към по-малките градове – 16 460 души. Населението на гравитиращите села, което е най-силно зависимо от общинските транспортни връзки, се равнява на 7678 души. Настоящият анализ е на базата на вътрешните транспортни зависимости. Ако се анализират транзитиращите зони, зависимостите ще се увеличат. Населението, което може да се възползва от услугата транспорт в рамките на областта във всеки един момент, е около 40 хил. души.

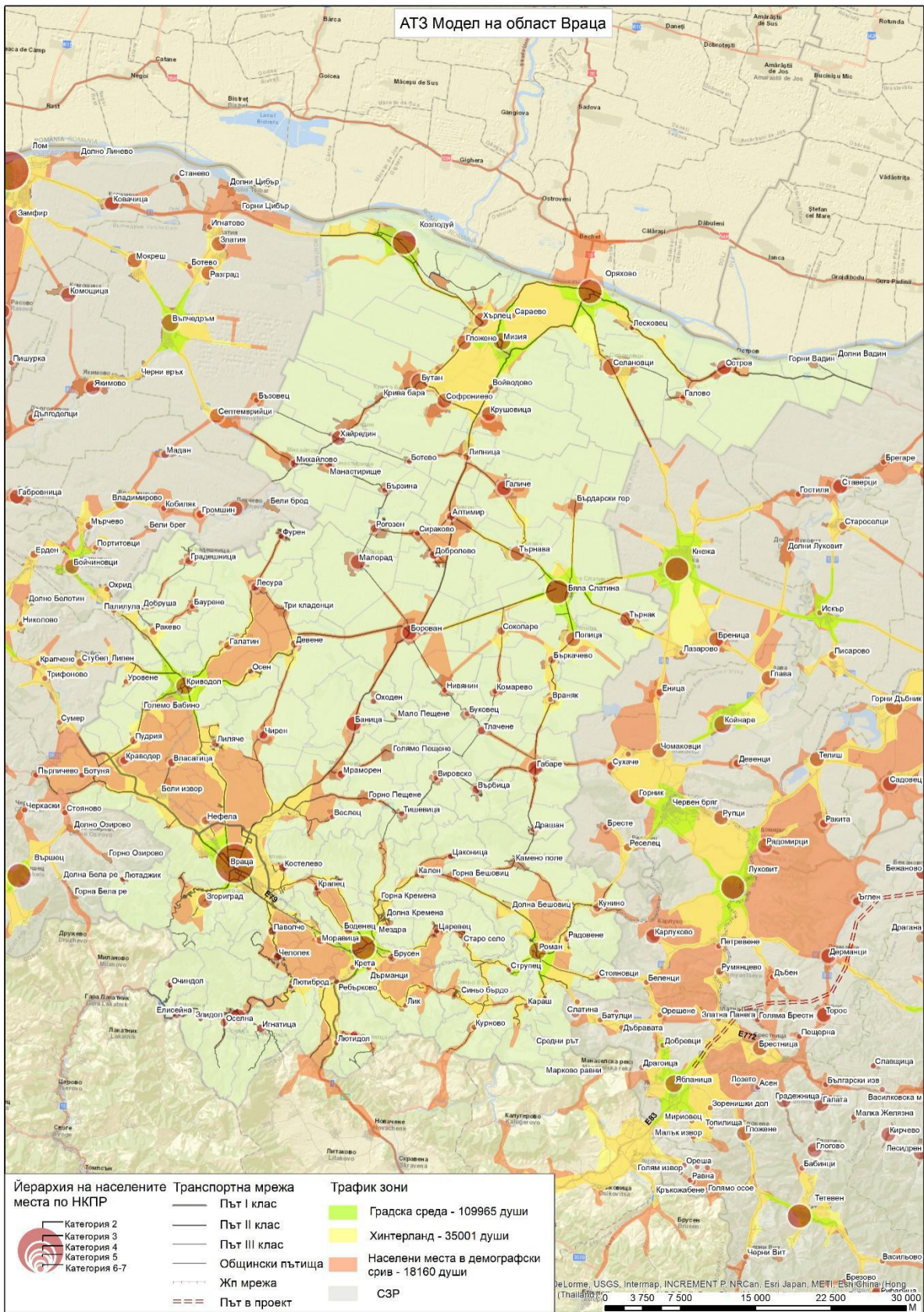
В *област Враца* (Модел №20) зоналният резултат е значително по-слабо изразен – т.е. достъпността е затруднена, а зоните преливат трудно една в друга. Населените места са със затруднен обмен на демографски и икономически ресурс. Зоната на най-висока степен на зависимост на населението от транспортната инфраструктура стартира от границите на града, а хинтерландът е слабо изразен. Все пак, от услугите в градска среда се възползват 109 хил души – значително по-висока стойност от тази във Видин. Това се дължи както на демографските показатели, така и на наличието на изразени икономически центрове в обхвата, като Козлодуй, Бяла Слатина и Оряхово. В силна зависимост от услугите в центровете са 18 160 души, които пребивават в гравитиращите села.

В *област Монтана* (Модел №21) голяма част от вътрешните транспортни връзки са без изразена зона на зависимост на населението. Това говори за транзитни функции. В транспортните периферии попадат населени места със зависимост на населението от 14 749 души. Силно изразени са зоните на достъпност в рамките на градската среда и липсата на хинтерланд е силно изразена.

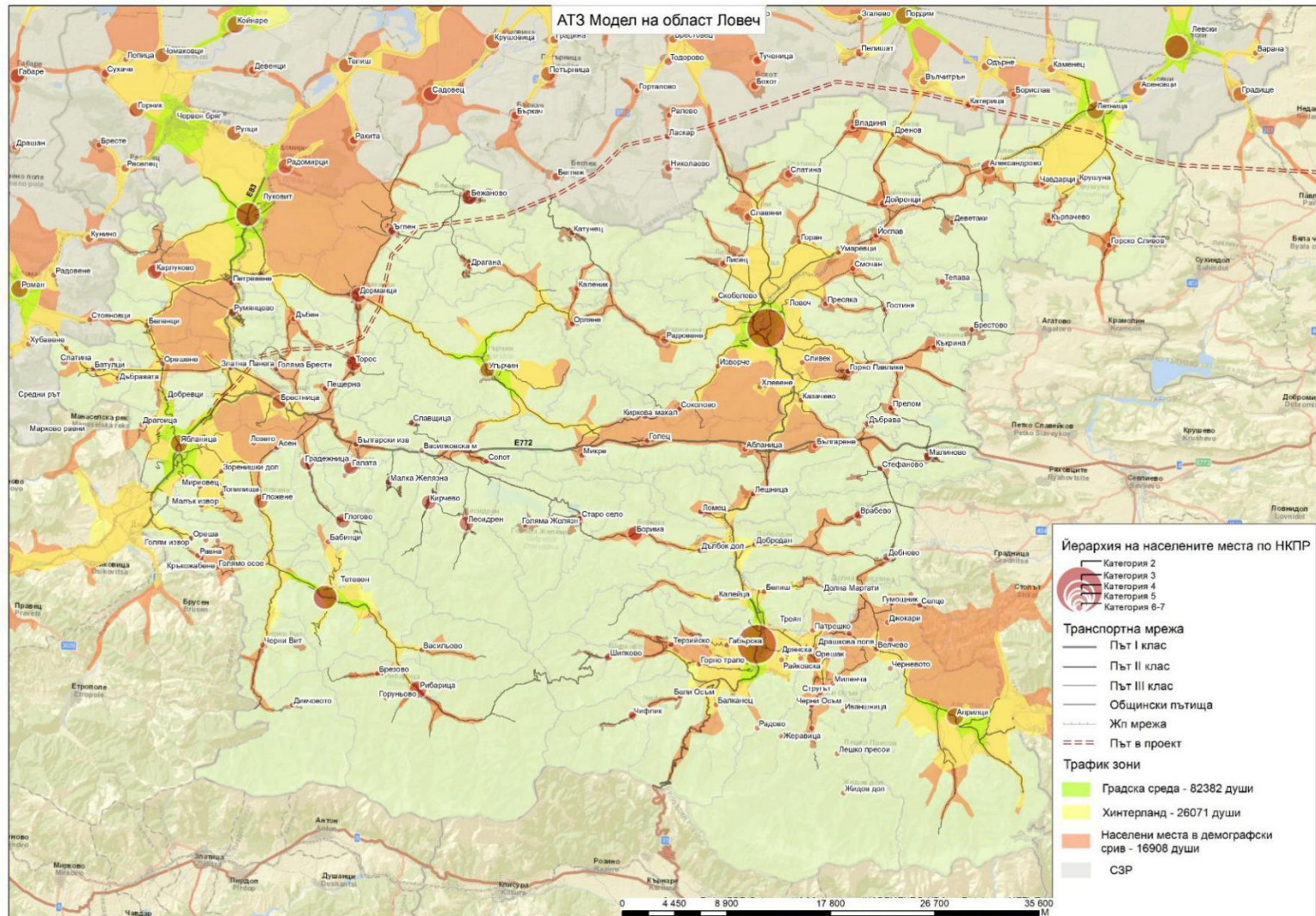
В *област Ловеч* (Модел №22) хинтерландът на областния център е силно изразен, а зависими от услугите на градската среда са 82 382 души, от които по-малко от половината са концентрирани в областния център. Троян и Тетевен са периферни на главните транспортни оси и силно зависими от общински нискоскоростни връзки. Силно зависими от услугите в центровете са 16 908 души. Изразена е гравитацията на множество села към градските центрове и липсата на свързващи контактни зони между центровете.



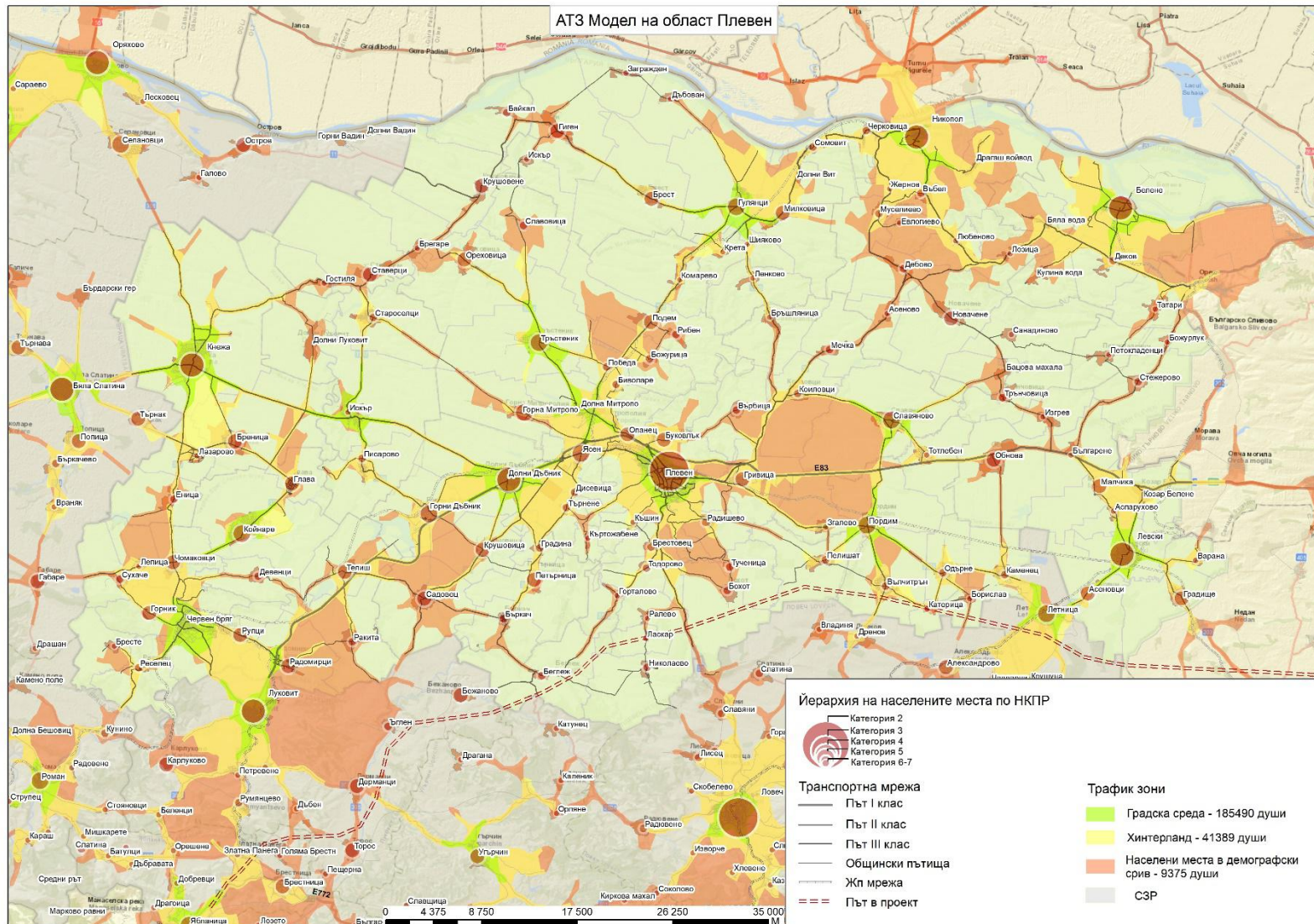
Модел №19 Зависимост на населението от транспортни артерии – област Видин



Модел №20 Зависимост на населението от транспортни артерии – област Враца



Модел №22 Зависимост на населението от транспортни артерии – област Ловеч



Модел №23 Зависимост на населението от транспортни артерии – област Плевен

В област Плевен (Модел№23) са отличими връзките: Кнежа – Плевен, Луковит – Долни Дъбник – Плевен, които илюстрират един преливащ хинтерланд. Същевременно, населението в периферните зони е едва 9375 души, което предвид много по-доброто демографско състояние на Плевен от Видин, говори за доста по-добре развити транспортни връзки и по-добра достъпност по линия периферия-център.

Липсата на контактни зони между различните градски центрове в общините на областите Враца (Враца и Козлодуй), Монтана (Монтана и Лом) и Ловеч (Ловеч и Троян) говори за транзитиращ ефект на вътрешните връзки и изразена моноцентричност, която води до по-ниска ефективност на транспортните връзки.

Връзката Ловеч – Плевен е слабо изразена, въпреки че центровете са на сравнимо близко остояние един от друг. При Монтана и Видин състоянието е подобно, но отстоянията са доста по-големи. Демографските данни за центровете Ловеч и Плевен демонстрират ефектите от продължителни програмни политики, създаващи изкуствена икономическа среда и продължителни исторически етапи без ясна икономическа перспектива. При задълбочаване на демографските тенденции, зоните ще продължават да се свиват, а моноцентризмът ще продължава да бъде силно изразен. Практически липсващият хинтерланд във Враца и Монтана е проблемен, понеже демонстрира скъсването на връзките с Дунавския транспортен коридор. Оползотворяването на пристанищната инфраструктура за икономически цели би довело до разширяване на контактните зони, повишаване на междуселищните потоци и увеличаване на икономическия потенциал на територията. Във Видин моноцентризмът е най-силно изразен. Видин като областен център притегля всички транспортни зони към себе си.

Моделните резултати показват силно изразена интровертност на областните центрове и постоянно отслабване на гравитационните междуградски показатели, в комбинация с практически липсващ хинтерланд. Слабо оползотворени са високоскоростните връзки и първокласните междубщински връзки, които трябва да изпълняват функции за съхранение на териториалния потенциал.

Териториите с изразена индустриализация във Враца и Монтана не се оползотворяват така, че да затварят връзките с Дунав. Туристическата специализация на Троян и Белоградчик е отличима, но ресурсът отново е концентриран в точка. Зоните на достъпност между центровете в СЗР са ограничени, а социалните зависимости са изразени от широки периферни зони.

Мрежови модели. Междуградски модели с теория на графите

Изграждането на модели, базирани на теория на графите за междуградско моделиране, зависи от натоварването на различни транспортни артерии за сметка на други. Моделиране на достъпността с помощта на теория на графите в тази част на труда следва същата последователност от стъпки, както моделирането в предходната глава на труда.

За оценка на качеството на живота на населението в обхвата на изследването е необходим специализиран микроикономически анализ на достъпността до ключови услуги и на възможностите за осъществяване на ежедневни трудови пътувания.

Способността на населението да се възползва от приоритетната мода на транспорт е силно зависима от калкулацията на разходи за автомобилен транспорт, спрямо

покупателните възможности на населението. Разходните стойности, калкулирани за целите на моделирането в разглежданите примери, са две – време и пари. Времето като разходен параметър отново е калкулирано на базата на максимални скорости за преодоляване на единица пространство – метър за минута. Скоростите са съобразени със средните възможни за транспортната мрежа. Разходите в пари са калкулирани на базата на осреднен разход гориво 8.9 л за 100 км и цена на литър гориво 2.44 лв. На база на така калкулираните разходи и разходните стойности за транспорт, спрямо разходите на домакинствата в областите, може да се анализира максималният пространствен обхват, който отделен субект може да преодолее в мрежата и праговата достъпност за жителите на областните центрове в обхвата на изследването.

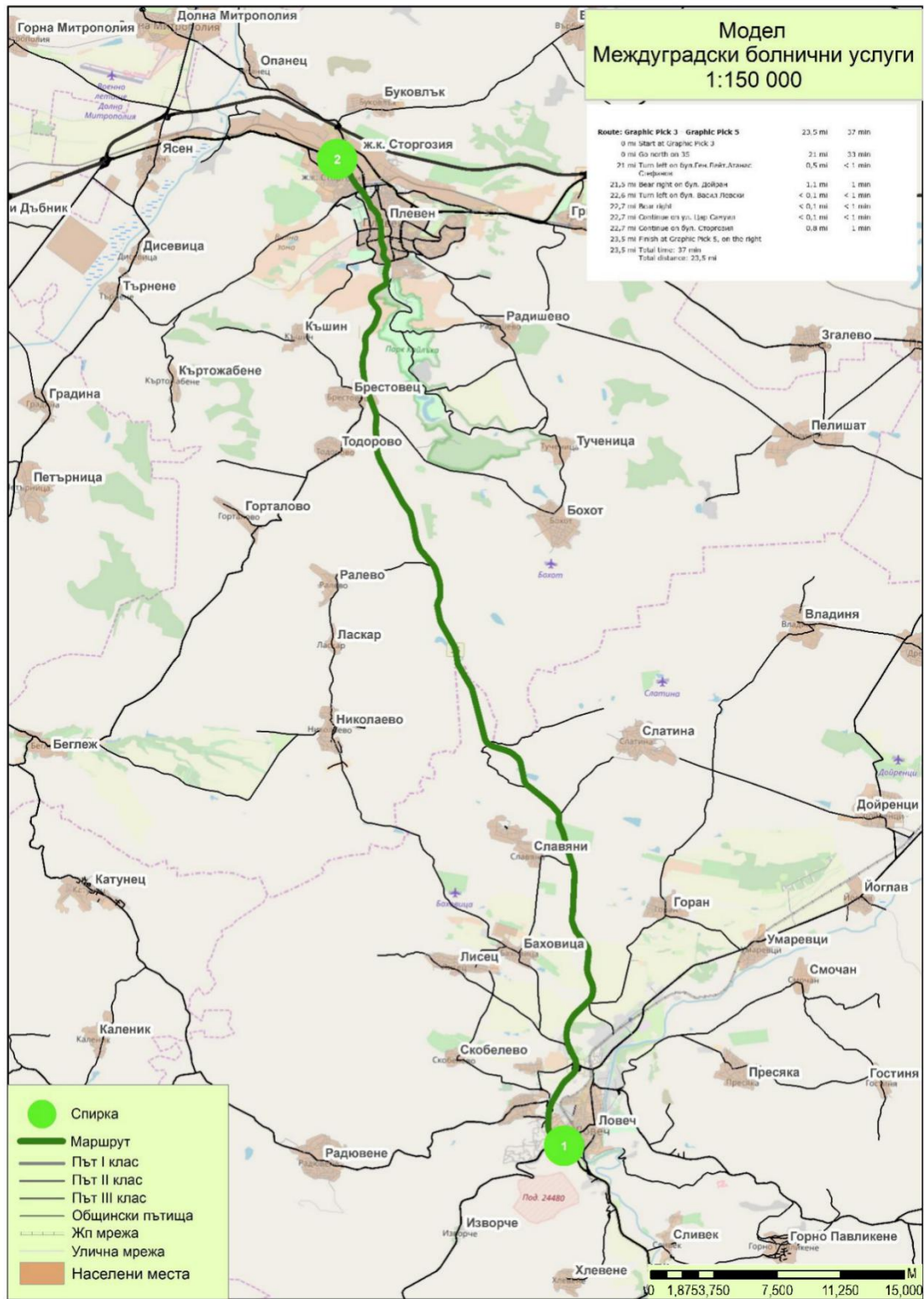
Моделен сценарий 1 – Получаване на медицинска помощ

Демографските данни от 2015, 2016 и 2017 год. идентифицират тренд за задълбочаване на негативните демографски тенденции в обхвата.

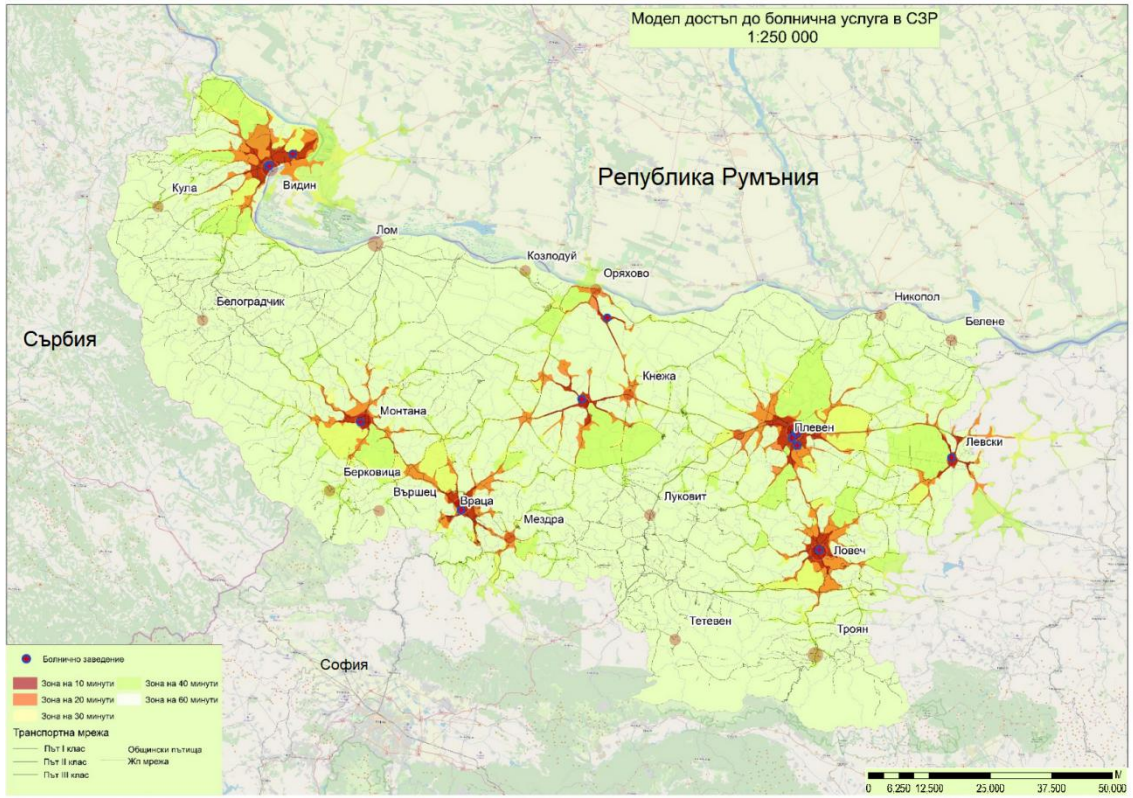
Модел №30 е симулация на транспортирането на лице от болницата в Ловеч до болницата в Плевен. Моделният резултат е 37 минути при движение с максималната законова скорост за участъка – 50 км (градска) до 90 км (извънградска). Времева зависимост между населените места предполага възможността гражданите на Ловеч и гравитиращите села – Смочан, Горан Баховица, Радювене и т.н. да ползват болнични услуги в Плевен. Тази зависимост от качеството на услугата потвърждава критичността на единичните вътрешнообщински връзки. Потреблението на услугата в този сценарий зависи от качеството на предлаганата услуга и оценка на състоянието на пациента. Проблемно звено е липсата на алтернативно трасе с конкурентен разход на време и пари. Заобиколен обход при блокиране на основното трасе е маршрутът Радювене, Катунец до Къшин. Обходният маршрут оскъпява разхода време с 20 минути, което може да доведе до значими проблеми, ако зависимостта на населението от медицинска грижа приоритизира Плевен.

Модел № 31 показва разположението на болничните заведения в СЗР и демонстрира разход време за достъп до болнични услуги в рамките на СЗР, където не фигурира болницата в Белоградчик. За целите на моделирането се използват отправни точки на движение в мрежата и параметрите на самата мрежа в разход време за преодоляване на определено пространство. На програмата е зададен параметър на движение с разходни рамки на всеки 10 минути до 1 час, като се приема, че един час е максималното възможно време за ефективна реакция на медицинския персонал.

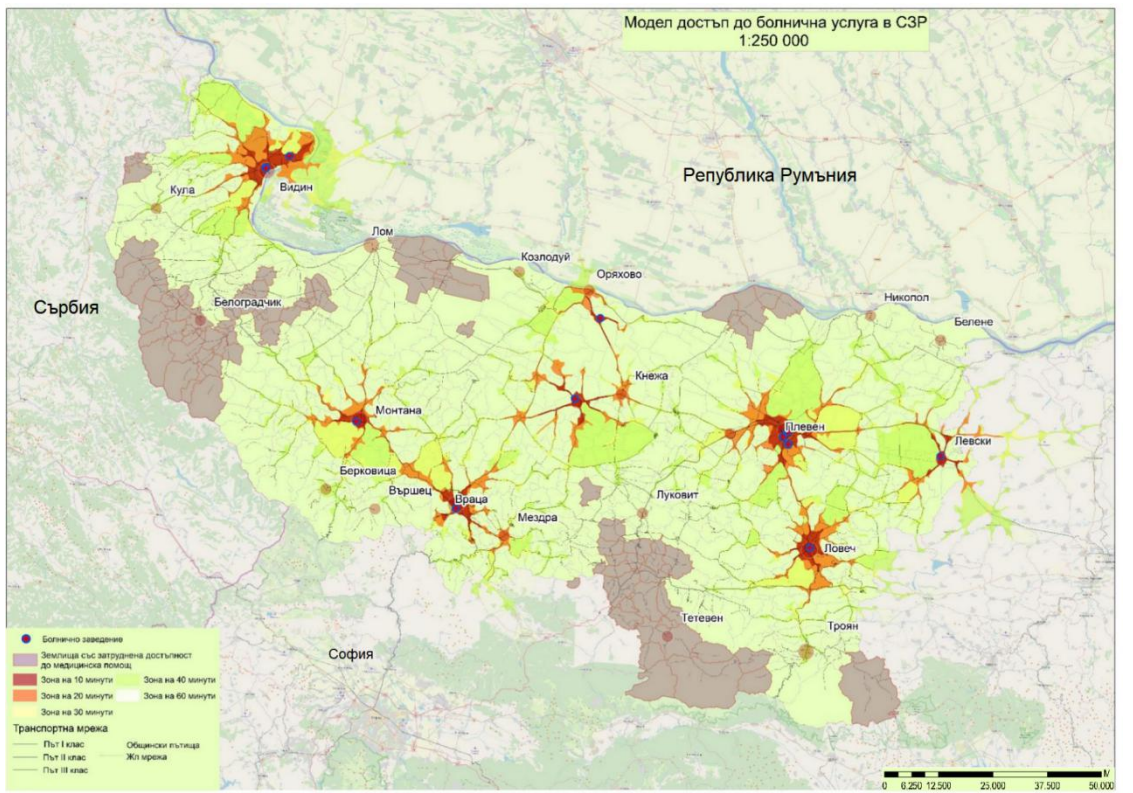
Модел №32 показва резултат, включващ зоните на над 1 час отстояние от болнични заведения. Населението, което по данни на НСИ от 2017, се намира в землищата на подобно отстояние, е около 13 429 души. Резултатите от моделирането показват, че не само населението на гр. Белоградчик, което е към 5000 души, би било афектирано от закриването на болницата, но и населението на съседните землища.



Модел №30 Междуградски болнични услуги Ловеч-Плевен.



Модел №31 Достъп до болнични услуги в СЗР



Модел №32 Достъп до болнични услуги в СЗР. Територии "откъснати" от базисна медицинска услуга

Моделен сценарий 2 – Междуселищни трудови пътувания

В разглеждания обхват функционират предприятия, които определят секторната икономика и черпят служители както от областните центрове, където са позиционирани, така и от заобикалящите ги села. Моделирането на подобен тип пътувания може да създаде представа за това дали нивото на транспортна осигуреност е достатъчно за населението, дали транспортната услуга е достъпна, дали предприятията ще могат да функционират дългосрочно на база на пътуваща работна ръка. Подобен тип моделиране е приложимо и в други области на страната, където функционират големи индустриални предприятия и ежедневните трудови пътувания са с особен интензитет – Пловдив, Стара Загора, Бургас, София и др. За осъществяването на този тип модели за транспортна достъпност е необходимо да се знаят: броят на пътуващите, наличието на публични транспортни средства - автобусни връзки и качеството на транспортния участък.

За целите на моделирането на фиг. 78 е визуализиран модел на трудово пътуване от гр. Лом до гр. Монтана. Подобно пътуване би отнело общо 59 минути на ден – 41 минути за преодоляване на път 81, при съобразяване със законовите ограничения по трасето. Моделирането с теория на графите позволява анализ на повече от един компонент – т.е. в табличен вид може да бъде визуализиран и разход ресурс в пари за осъществяването на транспортната връзка. За конкретния сценарий компонентът “пари” е от особено значение (за разлика от предходния модел, където се приоритизира времето). Така за моделен сценарий №1 моделният резултат е 8,25 лв за осъществяване на пътуването при средни статистически параметри за ежедневен разход транспорт в областта от 1.80 лв (на база данни от НСИ³¹). Следователно, стойностите за осъществяване на междуградски трудови пътувания са в пъти по-високи от възможностите на населението да се възползва от тях.

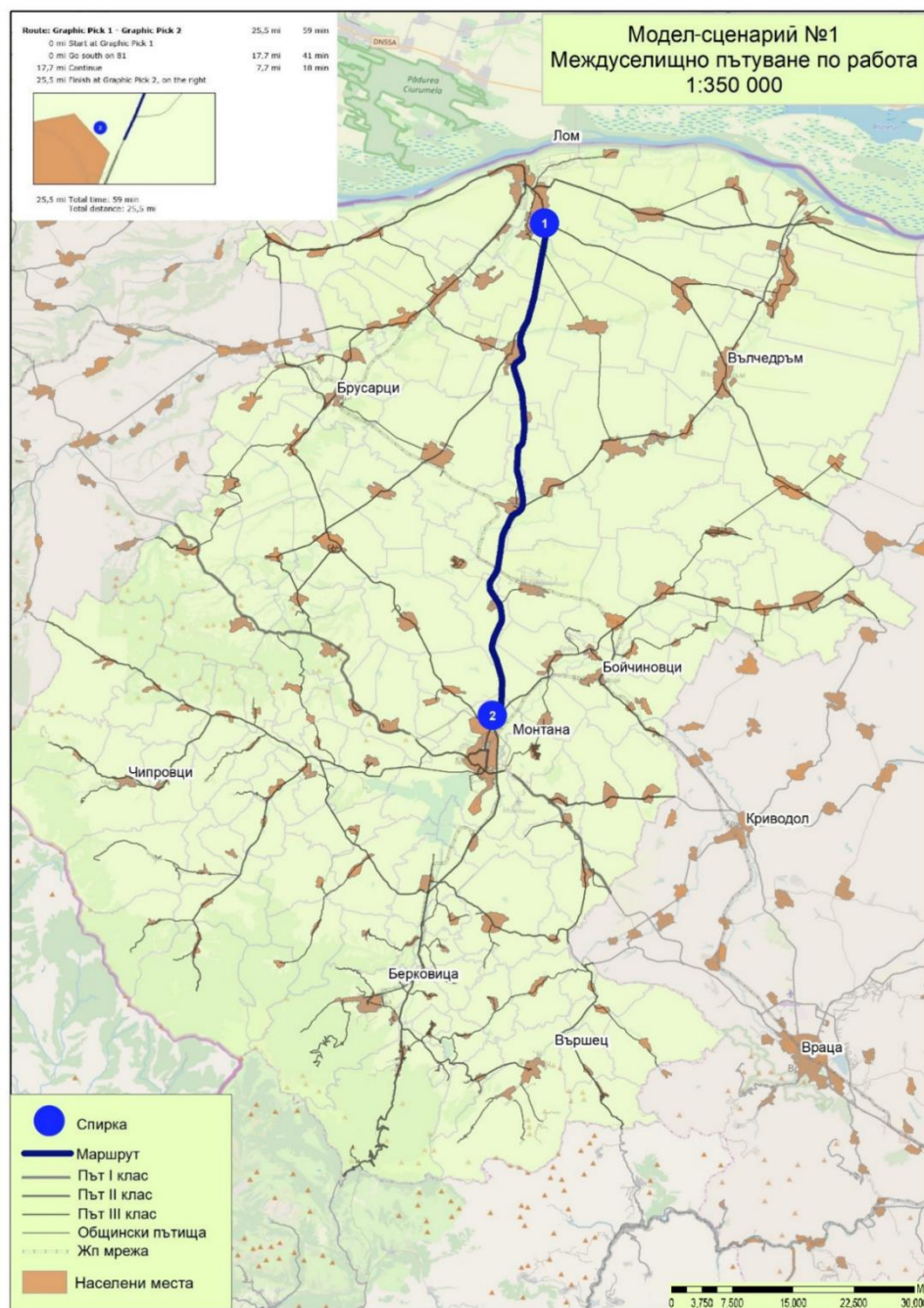
Моделният резултат – така както е видим в мрежовото моделиране на Network Analyst, е визуализиран в Модел №34б. Тук отправните точки в мрежовия модел отново са позиционирани извън рамките на населените места. Параметрите са съобразени с максималните законови скорости за преодоляване на междуградското пространство. Следователно, ако един работник пътува ежедневно по това трасе със собствено превозно средство, осъществяването на връзката ще е неустойчиво. Същото се отнася и за автобусния транспорт, където най-ниската индикативна цена за обхвата би била от порядъка на поне 2 лв. Моделът е базиран на разход за бензин от 2,44 лв за преодоляването на 100 км., което е над настоящите разходни стойности за бензин. Покупателната способност на населението също е изчислена с формални стойности.

Връзката между Лом и Монтана е от ключово значение за реализацията на инвестиции в Лом, където е локализирано едно от най-големите вътрешни пристанища за р. Дунав. Връзката е транзитираща, защото през Монтана пристанището може да се свърже със столицата София. На базата на подобен тип моделиране могат да бъдат разработени гравитационни модели с икономически компоненти, които да допълнят

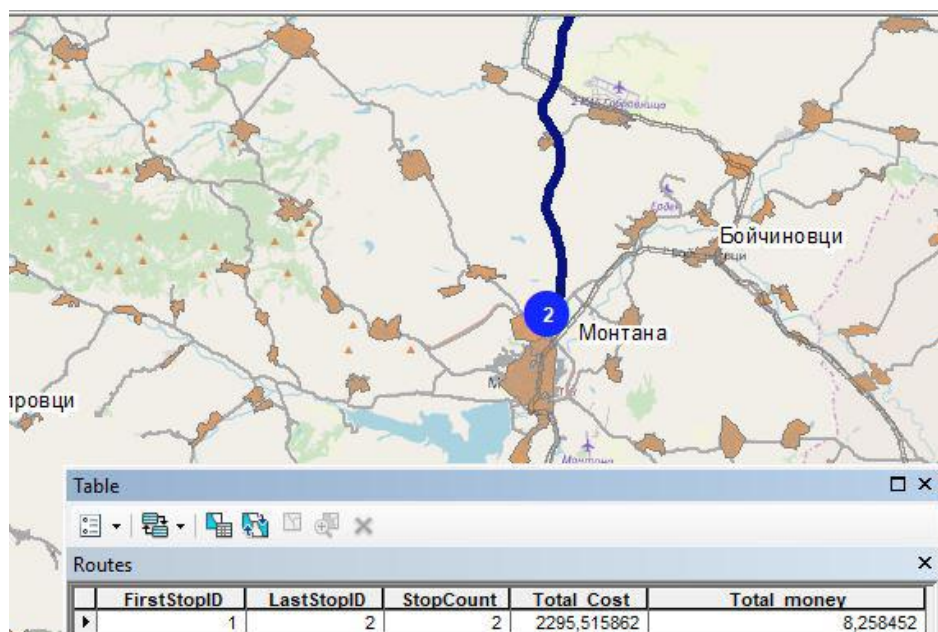
³¹На базата на данни от НСИ за 2017 год.

представите за бъдещето развитие на урбанизираните територии в обхвата на изследването.

Към настоящия момент може да се констатира, че реализацията на проекти за подобрене на публичния междуградски транспорт значително ще подобри достъпността за работната ръка и ще подпомогне активизирането на вътрешнообщинските връзки. Реултативният разход за преодоляване на пространството може да се моделира спрямо приходите на предприятията с приложени разходни тежести за пренос на товар. По сходен начин фирмите, които развиват бизнес на територията, следва да анализират разходите си.



Модел №34а Сценарий № 1 Междуселищно пътуване по работа гр. Монтана –гр. Лом.



Модел №346 Анализ на разходна единица левове в мрежата. Моделен сценарий 1

5.3 Областна достъпност

Кохезионната политика на ЕС се основава на възможността различните региони да осъществяват качествени и ефективни връзки помежду си. Наличието на транспортна достъпност е основополагащ елемент за осъществяването на политиките за сближане на наднационално ниво.

Транспортната достъпност е от критично значение за развитието на областите Видин, Враца, Ловеч, Плевен и Монтана, и регионалната конфигурация, в която те участват³². Моделирането на областната достъпност е силно зависима както от транспортната достъпност в рамките на съседните области на СЗР, така и от достъпността в съседни на България страни. Възможността на речния и жп транспорт на територията да се използват за "отварянето" на икономически коридори и развитие на местната икономика, е от ключово значение за стратегическото бъдеще на страната.

Областите от СЗР притежават транспортен и логистичен потенциал поради граничното разположение на региона и възможностите за ползване на речен транспорт при осъществяването на връзки с по-висок предварителен разход³³ и последваща добавена стойност.

За целите на моделирането в тази глава на труда е разработена подробна база данни, която съдържа информация за среден разход бензин, среден разход в ценови стойности (в лева) и среден разход време за всички отсечки в настоящата транспортна мрежа на страната. Разработката на тази база данни позволява изработването на множество вариативни модели, които могат да се използват за различни симулации на различни административни йерархични нива в страната.

³² През 2018 год. бяха обявени нови конфигурации за промяна на регионите за планиране. <https://offnews.bg/ikonomika/promeniat-regionite-za-planirane-vizhte-trite-varianta-673762.html>

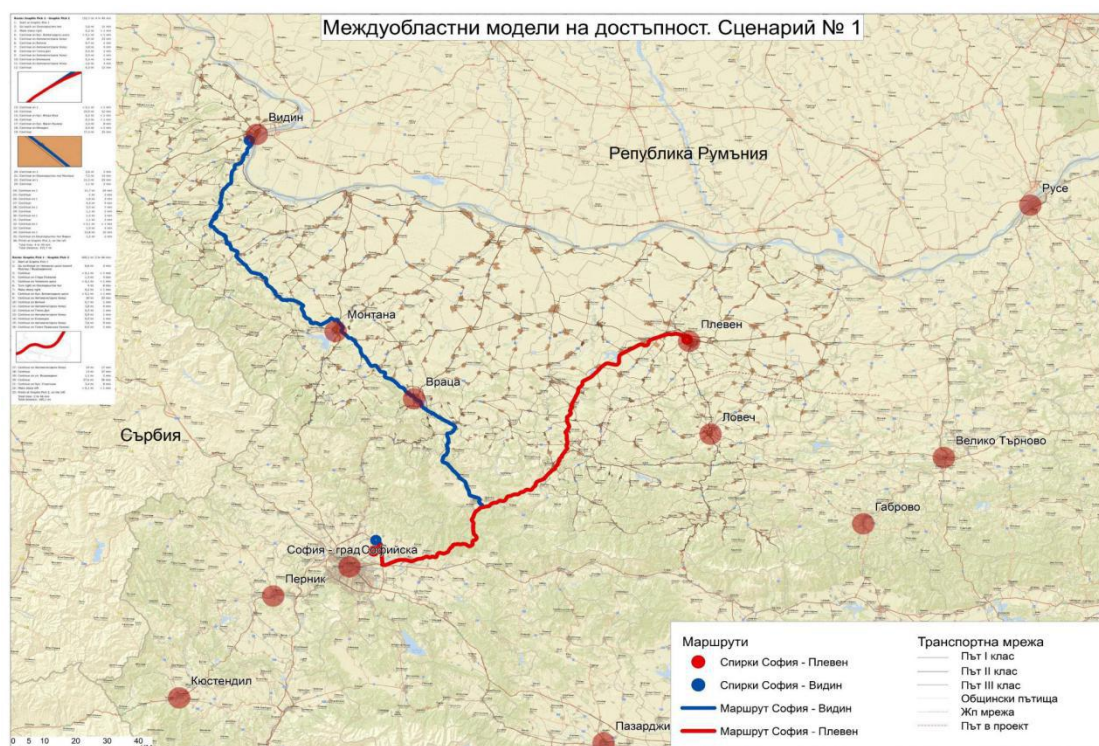
³³ "География на транспорта" на Routledge дефинира модите на транспорта с по-висока стойност на предварителна инвестиция в инфраструктура (sunk cost) и стабилен последващ разход за потребление – в конкретния случай речен и жп транспорт – като моди с висока добавена стойност.

Сравнение на две основни моди на транспорт

Независимо от статистическите показатели, които индикират задълбочаване на демографската и икономическа криза в обхвата, потенциала на СЗР по отношение на транспортната достъпност е голям. Това се дължи на речните връзки и пристанища – Лом и Видин, на близостта до София и на преобладаващо равнинния релеф, който благоприятства изграждането на интермодални връзки.

Модел №36 визуализира примерни междуобластни връзки за два маршрута – София – Видин и София – Плевен. Модата отново е автомобилен транспорт, а анализираната степен на свързаност е със столицата, която оказва най-силно влияние на транзитните транспортни потоци. Двата маршрута са подбрани по трасетата с приоритетно значение за областите в обхвата на СЗР.

Първото трасе е по линия на планирания коридор от TEN-T № 4, който трябва да служи за перпендикулярна свързваща ос на страните от Централна Европа с Егейско море (до пристанището в Солун). Отстоянието между София и Видин може да бъде преодоляно за 4 часа и 49 минути, а разходът по отношение на пари би бил от порядъка на 48 лв. Този времеви и финансов разход е сравним с разхода за достигане до Бургас и Варна, които се намират на отстояние от 380 и 520 км (съответно) от София-град. Видин се намира на едва 193 км от София-град в рамките на мрежата. Разходът за достигане до Плевен от София е равен на 2 часа и 46 минути по моделен параметър време и на 31 лв по моделен параметър пари.



Модел №36 Междуобластни модели. Сценарий № 1. София- Плевен, София-Видин.

През 2018 год. ЕС отбелязва година на мултимодалността. Развитието на транспорта и развитието на алтернативните моди на транспорт продължава да се развива със стремглави темпове, за да подпомогне сближаването на различните

региони и кохезията между различни икономически зони. В тази епоха на високоскоростно развитие на транспортните връзки, нашата страна изглежда заключена в една единствена мода на транспорт – автомобилния. Тази мода на транспорт е и недостъпна за голяма част от населението, чиято покупателна способност е по ниска в пъти от разходите за бензин при пътуване в определен пространствен обхват.

Модел №39 визуализира сравнение между две различни моди на транспорт – жп и автомобилен. Маршрутите на жп транспорта преминават през еднотипни трасета на тези, които са разгледани в моделен сценарий № 1(Модел №36). Тези маршрути са и единствените, които преминават през територията на СЗР: Видин – Мездра – София; София – Варна. Трасето на маршрут Видин – Мездра до спирка Мездра е с времеви разход, равен на 3 часа и 41 минути. Разходът на маршрута до София е равен на над 5 часа. Маршрут № 2 от София до Плевен е равен на 4 часа и 29 минути. По отношение на разходна единица време трасетата на двата жп маршрута са по-скъпи от трасетата на автомобилните маршрути с около 2 часа.

Развитието на жп мрежата на територията на СЗР с конкурентни скорости може да се превърне в приемливо решение за проблемите с покупателната способност на населението в СЗР. Функционирането на качествена жп система може да поеме част от транзитирация тежкотоварен трафик и да подпомогне функционирането на качествен автомобилен транспорт в областите Плевен, Видин, Враца и Монтана.

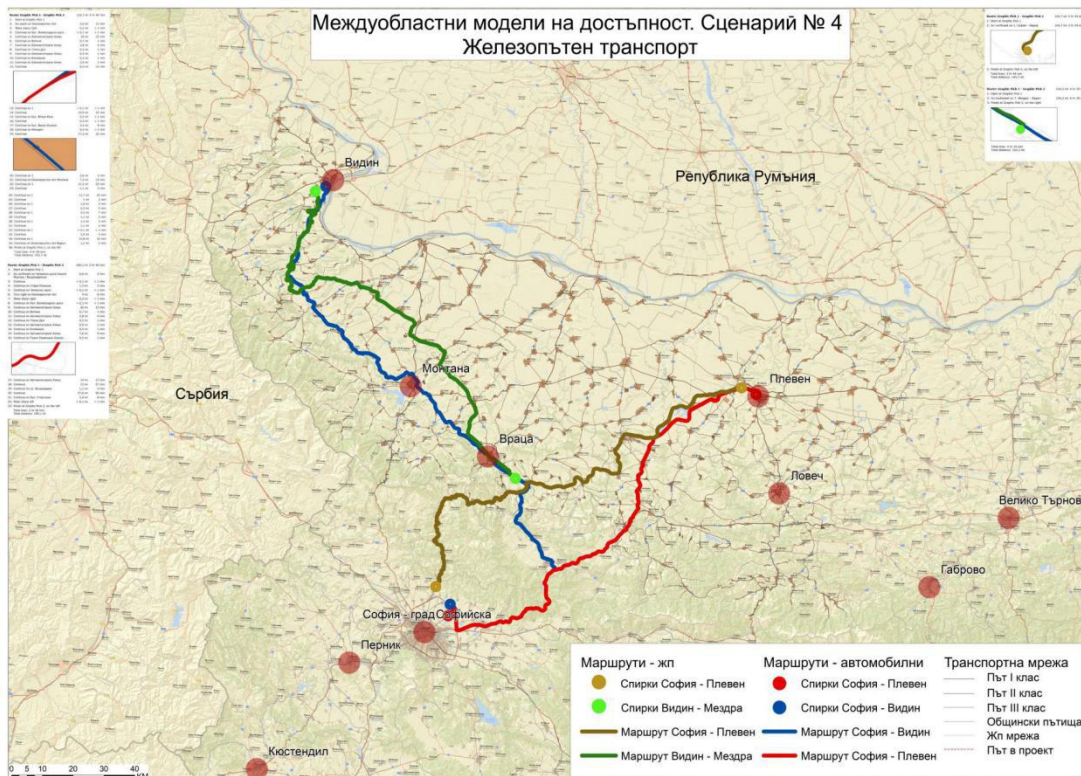
Скоростни жп връзки между различните населени места могат да преставяват алтернативно решение на проблема с ежедневните трудови пътувания. Подобно решение би било адекватно и за населението на областите, които предоставят работна ръка за столицата.

Матрици на разход време и пространство

Решенията за приоритизирането на определени транспортни трасета пред други имат ефект върху инвестиционната среда, степента на урбанизация и стандарта на живот в рамките на територията. Векторното моделиране на транспортната достъпност позволява да се изградят различни симулативни сценарии и да се анализира степента на свързаност между различните областни центрове на територията на България.

Качествено разработената разходна матрица може да е изключително полезен инструмент при анализа на пространствените отношения в обхвата.

Таблица представя №12 е матричен анализ на разход време при моделирането на транспортната достъпност в рамките на България. Матрицата е изградена на базата на мрежовите отношения на пътищата в страната. Отчетени са най-бързите транспортни връзки, а скоростите са максималните възможни, предвид регулаторната рамка за транспорт в страната. Там, където са индикирани магистрални връзки, скоростта е 140 км/ч.



Модел №39 Междоубластни модели. Сценарий № 4 Сравнение с жп

Проблемите със сравнимостта на различните моди на транспорт в страната по отношение на разходен параметър време са причината в анализиранията параметри в таблица №12 да участват само транспортните сегменти от автомобилната мрежа. При анализа на общата свързаност на национално ниво в матрицата красноречиво изпъкват две области, които са най-слабо свързани по отношение на разходен компонент време – Видин и Силистра. В червено са изведени най-бавните връзки, които съществуват в страната.

Видин е най-слабо достъпният областен център. Най-бързите трасета за достъп до Видин са сравнимо най-бавните на национално ниво. Това се дължи не само на пространствената отдалеченост на Видин от част от областните центрове, но и на качеството на съществуващите най-бързи транспортни връзки по перифериите на мрежата.

По моделни калкулац ии Видин се намира на:

- 7 часа от Бургас,
- 7 и половина от Варна,
- 5 часа и 26 минути Велико Търново,
- 5 часа от Габрово,
- 8 часа и 20 минути от Добрич,
- 5 часа и 9 минути от Пловдив,
- 6 часа и 37 от Разград,
- 6 часа и 9 минути от Сливен,
- 5 часа и 48 минути от Стара Загора,
- 6 часа и 24 минути от Търговище,

- 5 часа и 34 минути от Хасково,
- 7 часа и 7 минути от Шумен и на 6 часа и 35 минути от Ямбол.

Стойностите са базирани на максимални законови скорости за извънградско придвижване и е възможно да варират в определени параметри в зависимост от средата. Независимо от субективните вариации, подобни времеви параметри са немислими за отстояния спрямо европейски град. Би било интересно да се анализира достъпността на други европейски градове, които са със сравнимо икономическо състояние.

Отлично за СЗР е “скъсване” на транспортните връзки с центрове в Северна България. Най-значима е загубата на свързаност с Велико Търново и слабата свързаност с Търговище, Добрич, Габрово. Изграждането на АМ “Хемус” би следвало значително да подобри тези връзки. Повишаването на средната скорост за преодоляване на пространството между областните центрове, обаче, е вероятно да скъси времеви разход с не повече от 2 часа.

Следващият областен център, който е най-слабо свързан с останалите областни центрове в страната, е Силистра. Тя областният център с най-голямо времево отстояние от столицата.

По моделни калкулации Силистра се намира на:

- 7 часа и 38 минути от Благоевград,
- 6 часа и 34 минути от Враца,
- 6 часа и 11 минути от Кърджали,
- 5 и 30 от Пазарджик,
- 6 и 30 от Перник,
- 7 и 15 от Смолян,
- 6 и 36 от София-град.

Пространствените отстояния в този пример могат да се считат за основна причина за прекомерния времеви разход. Въпреки това, времевите параметри са отново твърде високи, за да се дължат единствено и само на географското пространство. Качеството на републиканската мрежа и общинските връзки също може да се счита за фактор в анализа. Тази теза е подкрепена от микромодела за финансова ефективност на транспортните връзки в областите в страната, където също отчетливо изпъква ниската ефективност на връзките в Силистра.

Силистра и Видин са областите с продължителен тренд за най-ниски преки чуждестранни инвестиции в рамките на страната. Това може да се дължи както на пространствената им откъснатост от останалата част от страната, така и на демографските им и икономическите им характеристики.

Тези моделни резултати говорят за значителното изоставане на България по отношение на оползотворяването на кохезивните връзки по коридор №4 и коридор №7. От областите на СЗР най-добре свързана е област Ловеч, която се намира на около 3 часа път средно отстояние от останалите центрове в страната и област Плевен на 3 часа и 30 минути средно отстояние от всеки един друг център. Тези транспортни параметри се дължат на частичното функциониране на участък от АМ “Хемус” на територията на област Ловеч, което подобрява степента на свързаност между Ловеч и София.

Най-слабо свързана е Видин с 5 часа средно отстояние от всеки един областен център в страната. Тази стойност е при измерване в рамките на автомобилния трафик. Ако се измерваше по линия на жп, стойностите биха били двойни.

Враца е на 3 часа и 46 минути средно отстояние от останалите областни центрове, а Монтана е на 4 часа и 25 минути.

С най-добри параметри на времева свързаност в страната е столицата София, която, независимо от географската си локация, се намира на 3 часа средно отстояние от всеки един областен център в България. Това е така, защото София преразпределя трафика към съществуващата АМ „Тракия“ и поддържа най-висококачествени транспортни връзки.

Интересно е, че в рамките на настоящата регионална конфигурация на СЗР са локализирани най-добре свързаният областен център (извън столицата) и най-зле свързаният областен център в страната (Видин) при мода автотранспорт. Параметрите за разход време по отношение на времевата достъпност до област Видин говорят, че към настоящия момент подобренията по линия на планирания коридор № 4 са дори от по-голямо значение за развитието на териториите в СЗР от предстоящата реализация на АМ „Хемус“. Това се дължи преимуществено на възможността за по-ефективно оползотворяване на връзките при пристанищата в Лом и Видин.

Моделирането с входен параметър мрежа за пореден път демонстрира слабата свързаност и моноцентричност на областите в страната. За да бъдем конкурентни участници в рамките на новото европейско наднационално партньорство, е необходимо да подобрим връзките между различните центрове в страната и да създадем една устойчива икономическа и социална среда, която да бъде наследена от бъдещите поколения.

Подобриенето на връзки в СЗР и реализацията на скрития потенциал на тази територия биха могли да се превърнат в качествени първи стъпки за осъществяването на тази цел.

	МАТРИЦА - РАЗХОД ВРЕМЕ																										
	Благоевград	Бургас	Варна	Велико Търново	Видин	Враца	Габрово	Добрич	Кърджали	Кюстендил	Ловеч	Монтана	Пазарджик	Перник	Плевен	Пловдив	Разград	Русе	Силистра	Сливен	Смолян	София - град	Стара Загора	Търговище	Хасково	Шумен	Ямбол
Благоевград	0	4,34	6,26	4,26	4,27	2,41	4,08	7,13	4,18	1,34	3,35	3,55	2,17	1,28	3,30	2,44	6,23	5,32	2,26	4,24	4,29	1,11	3,23	5,29	3,08	5,49	5,36
Бургас	4,34	0	2,13	3,20	6,52	4,43	3,08	3,24	3,30	4,54	4,15	5,35	2,49	4,19	5,09	2,22	3,15	4,07	4,11	1,18	4,34	3,39	2,02	2,58	2,20	2,04	1,39
Варна	6,26	2,13	0	3,12	7,14	6,10	3,42	1,16	5,22	6,46	4,05	6,39	4,41	6,11	4,34	4,13	3,29	2,31	2,24	3,32	6,26	5,31	3,54	1,33	4,12	1,29	3,31
Велико Търново	4,24	3,21	3,15	0	5,22	3,13	1,20	3,22	3,53	4,04	1,36	4,04	3,12	3,30	2,32	3,24	2,08	2,04	3,59	2,21	4,57	3,32	2,28	1,48	3,23	2,10	2,14
Видин	4,28	2,01	7,17	3,26	0	2,17	5,02	6,20	6,04	4,48	4,25	2,10	4,42	4,14	4,02	5,16	6,41	5,02	7,05	6,04	6,54	3,58	5,48	6,24	5,34	2,02	6,41
Враца	2,42	4,48	6,14	3,15	2,15	0	3,37	6,22	4,32	3,01	2,25	0,57	2,31	2,27	2,26	2,58	5,19	4,28	6,25	4,38	4,43	1,49	3,37	4,58	3,22	5,09	4,24
Габрово	5,39	3,11	3,47	1,20	5,07	3,38	0	4,34	3,30	4,30	1,22	3,50	3,11	3,15	2,24	2,42	3,20	2,40	4,31	2,11	4,24	2,78	1,56	2,20	2,60	3,23	2,44
Добрич	7,13	3,22	1,26	3,19	8,20	6,17	4,28	0	5,29	2,72	4,52	6,48	5,27	6,18	4,41	5,01	2,25	3,17	1,50	3,39	6,33	6,18	4,01	1,79	4,59	1,36	3,37
Кърджали	4,29	3,34	4,86	3,58	6,07	4,38	3,37	5,33	0	4,08	4,05	4,49	2,04	3,34	4,48	2,04	5,09	5,18	6,15	2,44	2,19	3,34	2,22	4,09	1,10	4,08	2,29
Кюстендил	1,37	4,58	6,50	4,09	4,51	3,04	4,32	7,37	4,02	0	3,19	3,29	2,41	1,22	3,14	3,08	6,06	5,16	7,12	4,08	4,52	1,34	3,46	5,52	3,32	6,12	4,33
Ловеч	3,35	4,15	4,08	1,38	4,22	2,24	1,21	4,55	4,36	3,15	0	3,15	3,25	2,41	1,07	3,04	3,41	2,51	4,48	3,15	4,45	2,03	3,17	3,22	3,26	3,44	3,48
Монтана	3,05	5,39	6,03	4,53	2,10	0,56	3,48	6,51	4,43	3,24	3,15	0	3,22	2,10	2,15	3,09	5,08	4,17	6,14	4,49	5,33	2,34	4,27	5,28	4,13	5,38	4,34
Пазарджик	2,19	2,47	4,39	3,11	4,37	2,28	3,11	5,26	2,32	2,38	3,23	3,19	0	2,04	3,18	0,57	4,22	5,11	5,29	2,37	2,42	1,24	1,36	3,63	1,21	4,02	2,23
Перник	1,27	4,21	6,13	3,33	4,14	2,28	3,15	6,20	3,25	1,22	2,42	2,12	2,04	0	2,37	2,31	5,30	4,39	6,36	3,31	4,16	0,58	3,10	5,16	2,55	5,36	3,17
Плевен	3,32	6,22	4,36	1,91	3,58	2,27	2,22	4,43	4,43	3,12	1,06	2,16	3,22	2,37	0	3,09	3,40	2,09	4,06	4,08	5,33	2,40	3,38	3,20	4,13	3,30	4,02
Пловдив	2,45	2,19	4,11	3,23	5,03	2,54	2,41	4,58	2,03	3,05	3,02	3,06	0,60	2,30	3,04	0	4,34	4,43	5,00	2,09	2,25	1,50	1,07	3,34	1,33	3,33	1,54
Разград	6,22	4,18	1,42	2,07	6,00	5,17	2,29	5,04	6,01	3,40	5,06	4,22	5,27	3,02	4,35	0	1,37	2,05	3,02	6,08	5,30	3,35	3,02	1,08	4,34	1,16	3,10
Русе	5,30	4,93	2,33	2,32	5,04	4,26	2,39	3,20	5,13	5,10	2,49	4,15	5,11	4,36	2,10	4,44	1,37	0	2,38	3,41	6,17	4,38	3,48	1,58	4,43	2,07	4,00
Силистра	2,28	4,13	2,25	3,59	7,06	6,38	4,28	1,51	8,11	7,08	4,46	6,12	5,39	6,46	4,08	5,02	2,05	2,38	0	4,21	7,33	6,38	4,43	2,19	5,01	1,73	4,20
Сливен	4,24	1,19	2,91	1,80	6,02	4,33	2,08	3,39	2,40	4,03	3,15	4,44	2,39	3,29	4,09	2,11	3,02	3,40	4,21	0	3,44	3,29	1,12	2,03	2,10	2,14	0,52
Смолян	4,29	4,34	6,26	4,58	6,47	4,38	4,24	6,33	2,19	4,48	4,45	5,29	2,44	4,14	6,28	2,25	6,09	6,18	7,16	3,44	0	3,34	3,23	5,10	2,48	5,09	3,30
София - град	1,10	3,38	5,30	3,35	3,56	1,50	2,78	6,17	3,22	1,30	2,05	2,34	1,21	0,56	2,40	1,48	5,32	4,02	6,38	3,28	3,33	0	2,27	4,39	2,12	4,52	3,13
Стара Загора	3,21	2,49	3,56	2,27	5,39	3,30	1,56	4,04	2,14	3,40	3,17	4,21	1,36	3,06	3,39	1,08	3,40	3,47	4,46	1,15	3,21	2,26	0	3,20	1,04	3,19	1,00
Търговище	5,29	2,59	1,35	1,48	6,26	4,57	2,17	2,22	4,05	5,48	3,21	5,26	3,63	5,14	3,22	3,36	1,08	1,59	2,19	2,03	5,09	4,37	3,16	0	3,35	1,11	2,40
Хасково	3,19	2,24	4,16	3,28	5,37	3,28	3,07	5,03	1,10	3,39	3,35	4,20	1,34	3,04	4,18	1,06	4,39	4,48	5,05	2,14	2,47	2,24	1,13	3,39	3,10	3,38	1,59
Шумен	5,48	2,06	1,30	2,10	7,10	5,07	3,20	1,37	4,04	6,07	3,43	5,35	4,03	5,33	3,31	3,35	1,15	2,07	2,14	2,14	5,08	4,53	3,16	1,11	3,34	2,0	2,13
Ямбол	4,10	1,39	3,30	2,14	6,28	4,19	2,42	3,38	2,26	4,30	3,48	4,31	2,25	3,15	4,02	1,57	3,11	4,02	4,20	0,52	3,30	3,25	1,38	2,11	1,56	2,13	0

Таблица №12 Матрица – Разход време за достъп до различните областни центрове в рамките на Република

България.

	МАТРИЦА - РАЗХОД в лева																														
	Благоевград	Бургас	Варна	Велико Търново	Видин	Враца	Габрово	Добрич	Кърджали	Кюстендил	Ловеч	Монтана	Пазарджик	Перник	Плевен	Пловдив	Разград	Русе	Силистра	Сливен	Смолян	София - град	Стара Загора	Търговище	Хасково	Шумен	Ямбол				
Благоевград	0	97	124	64	55	42	60	131	75	14	50	38	44	16	52	50	92	81	104	82	69	20	67	83	66	66	108	80			
Бургас	97	0	25	42	118	93	45	35	58	97	60	101	56	84	65	49	40	52	52	22	62	75	34	34	50	30	18				
Варна	125	25	0	43	100	79	51	10	86	125	61	82	84	112	58	77	25	37	28	43	90	103	62	24	77	17	46				
Велико Търново	64	42	43	0	62	38	9	50	52	64	18	46	50	51	23	43	27	21	47	22	56	44	21	19	43	28	25				
Видин	55	118	100	63	0	24	59	107	96	56	47	17	65	42	40	71	75	62	91	103	90	38	89	74	87	84	101				
Враца	43	93	79	38	24	0	35	86	72	43	24	7	41	30	21	47	61	49	73	79	66	22	64	57	63	63	77				
Габрово	61	45	51	9	59	35	0	58	37	61	14	43	33	48	21	27	35	29	55	24	45	40	16	27	28	36	28				
Добрич	131	35	10	50	107	85	58	0	93	132	67	89	91	118	65	84	32	44	18	49	97	109	68	31	84	24	53				
Кърджали	76	58	85	51	97	72	44	92	0	76	56	80	35	63	82	18	71	71	91	43	17	54	28	64	9	69	41				
Кюстендил	14	97	125	64	56	43	61	132	76	0	50	39	44	11	53	50	93	81	105	82	69	21	68	83	67	108	80				
Ловеч	50	60	61	18	46	24	14	68	55	50	0	32	48	37	7	31	44	30	54	39	50	30	30	37	46	45	43				
Монтана	38	101	82	46	17	7	42	89	80	39	32	0	48	25	24	54	64	53	77	86	73	21	72	60	71	67	85				
Пазарджик	44	56	84	50	65	40	33	91	35	44	48	48	0	31	51	9	70	70	90	41	28	22	27	62	26	68	40				
Перник	16	84	111	51	42	29	47	118	62	11	37	25	31	0	40	37	79	68	92	69	56	7	55	70	53	95	67				
Плевен	53	65	58	23	39	21	21	65	82	53	7	25	51	40	0	57	40	29	52	44	76	32	37	35	73	42	48				
Пловдив	50	49	77	43	71	46	26	84	28	50	31	54	10	37	57	0	63	63	83	34	19	28	20	55	19	61	33				
Разград	92	39	25	27	75	61	35	32	72	93	41	64	70	79	40	63	0	12	21	29	76	72	4								

5.4 Алтернативни ГИС-Т софтуерни пакети

TransCAD

TransCAD е специализирана платформа за моделиране на транспортните връзки в рамките на силно урбанизирани територии, кадето функционират множество и различни мултимодални връзки, а потреблението на транспортните мрежи е значимо. TransCAD позволява анализа на транспортните зависимости чрез измерването на различни потоци в мрежата.

Независимо от вградените параметри на демонстрационния модел на TransCAD, към настоящия момент този софтуерен пакет не е приложим на територията на България. В рамките на страната не функционират мониторингови системи за транспортна натовареност, които да подават информация към интелигентни транспортни хъбове и да подпомагат използването на векторно транспортно планиране за оптимизация на достъпността в средата.

Моделна платформа Cube

Програмата на CityLabs Cube е едно от специализираните приложения, с които се запознахме на тестови принцип по време на разработката на настоящия труд.

Cube е приложение за моделиране на транспортните връзки, което функционира както отделно от ArcMap, така и като допълнение към инструментариума на ESRI. Моделната платформа Cube е достатъчна за разработката на още един дисертационен труд, поради многообразието на моделите, които могат да бъдат разработени на база на научната основа и техническите му параметри. Cube се използва за моделиране на специфични симулации за развитието на градските транспортни мрежи в метрополитни центрове като Лондон, които са силно зависими от параметрите на натоварване на различни транспортни сегменти в различни часове от денонощието.

В книгата на Хуан Ортузар и Луи Уилъмсен „Моделиране на транспорта“³⁴ са разгледани математическите основи на транспортните модели, с които Cube оперира. Те представляват разновидности на вече разгледаните модели. Cube позволява изграждането на модели на базата на достъпната емпирична информация. Отличителни характеристики на разработката на моделни симулации с Cube са:

- стриктните правила при разработката на данни (вкл. наименованието на файловете),
- разнообразният набор от информация, която участва в изграждането на Cube симулации,
- спазването на мултимодални параметри при моделиране.

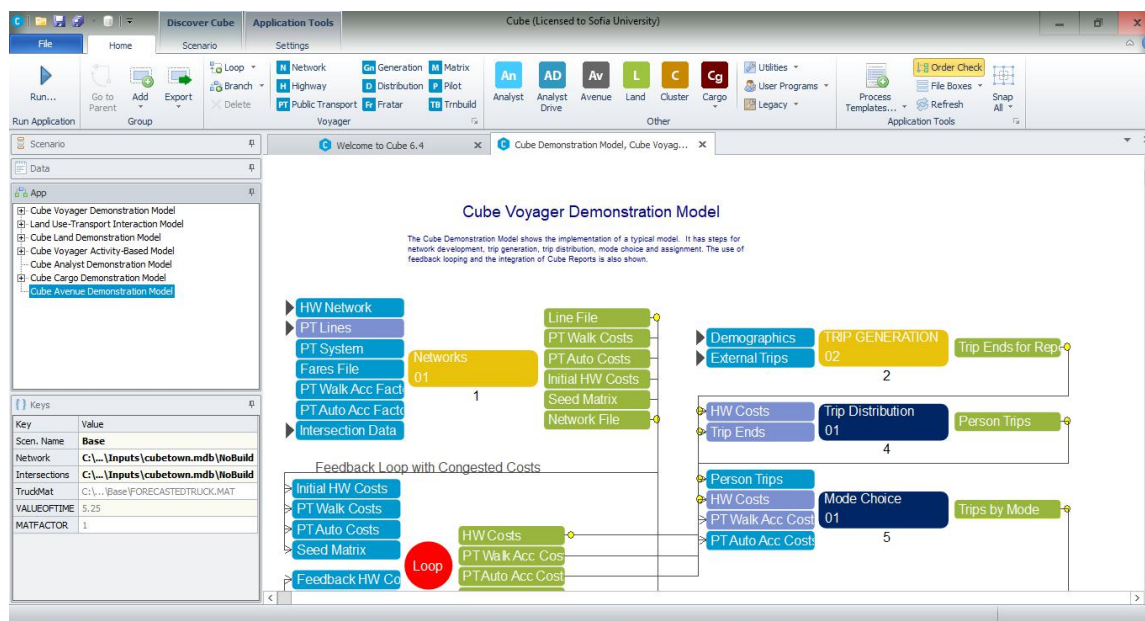
Приложението Network Analyst, което е използвано в рамките на този труд, е подходящо за илюстрирането на основните параметри на транспортното моделиране в ГИС на база теория на графите. Cube се използва за по-задълбочени анализи.

Основният модел, който е разработен от Cube, се базира на четири основни стъпки:

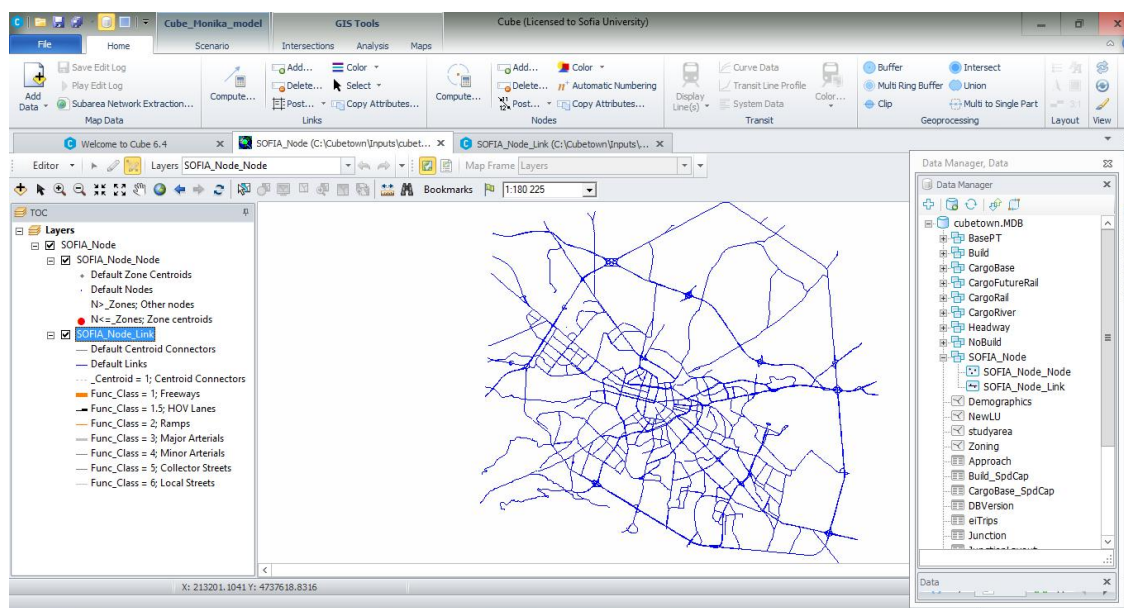
- а. Генериране на пътуването (Trip Generation).

³⁴ <https://www.wiley.com/en-us/Modelling+Transport%2C+4th+Edition-p-9780470760390>
„Modelling Transport“, 4th Edition Juan de Dios Ortúzar, Luis G. Willumsen, 2011, Willey

- b. Разпределение на пътуването (Trip Distribution).
- c. Избор на мода (Mode Choice).
- d. Привързване към мрежа (Network Assignment).



Демонстрационен модел на Cube



Интегриране на транспортната мрежа на гр. София в Cube

Разглеждането на този тип модели променя фундаментално подхода към моделирането на транспортна достъпност. Различните моди на транспорт се интегрират в реляционни бази данни, които позволяват калкулацията на разход време до милисекунда. Това създава възможности за по-доброто планиране на потоците в урбанизираната среда и за подобряване на ефективността на градските процеси.

6. Анализ на получените резултати

6.1 Микросимулации

Микросимулациите са един от основните начини за анализ на транспортната достъпност на ниво населено място.

В частта с микросимулации бяха разгледани примери за основните типове модели в рамките на петте различни областни центъра, които са обект на анализ.

Моделирани бяха както следва:

- модел за анализ на алтернативните трасета за достъп до болнична услуга в град Плевен,
- модел за анализ на обходни трасета при достъп до икономически обект в град Монтана,
- модел на локацията и алокацията на дистрибутивен център в град Видин,
- модел за анализ на обслужващите зони на паркините в град Враца.

Като допълнение към приложените модели в базата данни към дисертацията са изградени и мрежи за моделиране на транспорта в по-значимите населени места на територията на областите. Това предоставя възможност на други транспортни изследователи за изработят свои собствени модели, да конфигурират мрежите, да добавят нови отправни точки и тежести при различни сценарии. Поддържането на качествени бази данни ще предостави на местното самоуправление набор от възможности, които биха имали значим и измерим социален и икономически ефект при реализацията на различни проекти.

Моделирането на транспортната достъпност минава през новите концепции за сензорен мониторинг, за обработка на данни в облачни пространства и анализ на транспортните отношения в активни мрежови сценарии.

Тестовите на софтуерни пакети като Cube на CityLabs и TransCAD бяха показателни за необходимостта наборът от данни, с който се моделира транспортната достъпност в България, да бъде допълнен, за да се реализира пълният потенциал на транспортните връзки в страната и да се подпомогне развитието на центрове в стагнация.

6.2 Общинска достъпност

Общините в разглеждания обхват се отличават с ясни негативни демографски и икономически характеристики, които представляват пречка пред качественото им развитие в бъдеще.

Моделирането на АТЗ е подходящо за анализ на транспортни повърхнини в областен и общински мащаб. Поради тази причина един от методите за анализ на общинската достъпност в обхвата на дисертацията беше именно АТЗ.

Въпреки значителни итерации в статистическата информация и нейното привеждане в подходящ за моделиране вид, моделите показаха значителни диспаритети в зоналността за различните територии в обхвата.

На базата на входните данни и моделни резултати бяха изведени ключови пространствени зависимости на населението от определени транспортни артерии:

- Транспортната свързаност на територията е “заключена” в конкретни транспортни оси и автомобилна транспортна мода.
- Настоящото зонално разпределение на трафика е концентрирано по главните транспортни артерии – пътищата E83, E79, E772.
- Ефектите на транзитни оси като E772 са по-скоро разделящи, отколкото свързващи за територията.
- Изграждането на автомагистрала “Хемус” ще разпредели трафика в зона между двете транспортни артерии – E83 (към Плевен) и E772 (към Ловеч), но това преразпределение на изхода от региона предполага предимно транзитен ефект.
- Слабо са оползотворени връзките по поречието на р. Дунав.
- Контактната зона между центровете в повечето общини практически отсъства, което води до заключението, че общата ефективност на връзките е ниска.
- Коридорните транспортни връзки между Плевен и Враца са затруднени.
- При разглеждане на транспортната мрежа в СЗР, успоредно с паралелни транспортни оси в Румъния, моделът приоритизира по-високоскоростни и качествени връзки.

За всяка една област са изградени резултативни матрици на база разход време за достъп от център до център.

С практически примери бяха демонстрирани приложения на мрежовото моделиране на транспортната достъпност в СЗР. Анализирани бяха сценарии за достъп до базисни социални услуги. Дадени бяха примери за болнична достъпност и за достъп до административни услуги на базата на мрежови модели. Анализирани бяха индексите за пространствена достъпност и за качествените характеристики на една транспортна мрежа с линейна и моноцентрична архитектура. На база на съществуващите мрежови модели бяха изнесени разходни матрици, които оценяват качествата на транспортната свързаност в обхвата.

Изграждането на АМ “Хемус” значително ще подобри контактната зона между центровете Ловеч – София, но при тестването на различни моделни сценарии изводите са за минимален ефект върху цялостното състояние на СЗР. Ефект би съществувал, само ако се комбинира осъществяването на АМ “Хемус” с подобрени коридорни връзки – София-Враца-Видин и подобрене на контактната зона Плевен-Враца.

Необходимо е да бъдат допълнително анализирани възможностите за изграждане на скоростни връзки по поречието на Дунав, за рехабилитация и подобрене на сегменти от мрежата във Видин и Враца. Необходимо е също да бъдат изградени конкурентни високоскоростни връзки на тези в Румъния, които да подпомагат функционирането на местната индустрия и да подобрят параметрите на добавената стойност в средата.

За целите на подобрене на инвестиционната среда в обхвата на изследване, моделирането на транспортната достъпност на базата на теория на графите създава възможността за осъществяването на различни микроикономически анализи, които биха били с изключителна полезност за органите на местно самоуправление.

Изградените матрици за разход в параметрите време, пространство и пари създават възможността за допълване на настоящия труд с анализи на микроикономическото състояние на средата и възможностите за локализация на бизнеси, които да се

възползват от ежедневни трудови пътувания на работната ръка.

6.3 Областна достъпност

Анализът на областната достъпност е със стратегически характер. Поради тази причина статичните АТЗ модели от миналото са често достатъчно ефективни за реализацията на стартегически политики.

Демонстрирани бяха три примера със сравнения на регионални маршрутни връзки, които са от ключово значение за стратегическото развитие на СЗР. Сравнени бяха параметрите на достъпност на жп транспорта и автомобилния транспорт в района, анализирани бяха и резултатите от разработените матрици за транспортни разходи в страната. Въпреки че съществуват малки разминавания между изведените стойности в матриците и реалните разходи за преодоляване на моделното пространство, резултатите са достатъчно близки до реалността, за да създадат представа за качеството транспортните връзки в страната.

Въпреки всички статистически данни за настоящата ситуация на територията на СЗР, териториите в обхвата разполагат с видим потенциал за подобрене на качеството на инвестиционната среда. Подобренето на междуобщинските връзки, въвеждането на мултимодални контактни зони и скоростното въвеждане на алтернативни моди на транспорт в обхвата, би „вдъхнало” нови възможности на тези територии.

Моделните резултати демонстрират, че реализацията на съществуващия транспортен потенциал на територията преминава през подобряване на ефективността на връзките по линия на коридор №4 и коридор №7. Необходима е комплексна инициатива за подобрене качеството на жп транспорта, за осъществяването на високоскоростни транспортни проекти, които да са конкурентни на паралелните транспортни оси в Румъния.

Анализираните в рамките на настоящия труд пространствени модели могат да се използват като основа за анализирането на конкурентните характеристики на транспортните коридори на европейско ниво. Следващата стъпка след разработката на транспортна мрежа за страната е логично да бъде разработката на подобни транспортни мрежи за страни, съседни на България и осъществяването на аналитични сравнения за ефектите на транспортната достъпност върху качеството на инвестиционната среда и стандарта на живот на населението.

Необходимо е да бъдат допълнително анализирани и характеристиките на свързващите транзитни оси, поради тяхната специфична характеристика не само да свързват, но и да разделят територията – особено при липсата на качествено функциониращи връзки на по-ниско административно ниво.

6.4 Изводи

Настоящото изследване е осъществено в катедра “Картография и ГИС” при ГГФ на СУ “Климент Охридски” в периода 2016-2019 год. под научното ръководство на проф. Антон Попов.

Трудът има своята специфика, защото разглежда пространствени отношения в три различни пространствени обхвата в рамките на настоящата регионална конфигурация на СЗР по NUTS2.

През времето на разработката на дисертацията, което отне четири години постоянна работа, допълване, тестване и визуализация на различните резултати, наборът от софтуерни пакети за анализ на транспортните връзки се увеличи. Появиха се още по-иновативни технологии за моделиране на транспортната свързаност, като част от тях са публично достъпни и използват концепциите, които бяха демонстрирани в рамките на дисертацията. Впечатляващ е напредъкът на отворени платформи за моделиране с онлайн компонент като pgRouting, pgView, Mapbox, TomTom Dev и др.

Моделирането на базата на теорията на графите, което е в основата на дисертацията, представлява бъдещето на моделните решения за транспортна достъпност.

В рамките на ЕС функционират експертни групи, които се занимават изцяло с микромоделни перспективи, като тези, които са разгледани в настоящето изследване. Значително внимание се отделя на обработката на информация, създаването на интерактивни бази данни, допълването на инструментариума от транспортни решения на ежедневните човешки проблеми.

Целите на настоящия труд бяха няколко – да се демонстрира векторно моделиране на транспортната достъпност в СЗР, да се анализира влиянието на различни решения върху микросредата, да се подпомогне напредъкът в една комплексна сфера на знание.

Използваните данни за разработката на настоящия труд са с отворен код и представляваха основно предизвикателство при създаването на топологично коректи модели.

Поради ограничения от гледна точка на обем на разработката отпаднаха някои части, обвързани с техническите аспекти на топологичната обработка на данните, напр. за премахването на висящи участъци и черни пътища. Различните йерархични нива са окомплектовани с различен бази данни, които са приложени към настоящия труд и представляват ценен източник на моделна информация, която може да се използва за по-прецизни типове моделиране.

В заключителните части на труда бяха поместени примери с маршрутно моделиране в София и два различни типа софтуерни пакети, които се използват активно при транспортното моделиране на по-големи урбанизирани територии. Тези части на труда целят да отворят дискусията за моделирането на активни сценарии на достъпност за територии на нашата страна, извън тези в обхвата на дисертацията. Би било прекрасно, ако бъдещите докторанти и изследователи в катедрата “Картография и ГИС” използват методологията в настоящия труд за основа на други типове модели в алтернативни обхвати.

Моделирането на транспортната достъпност е една постоянно разрастваща се науко-практична сфера в ГИС. Невъзможно е в един научен труд да бъдат анализирани абсолютно всички конфигурации на транспортната достъпност, предвид различните обхвати, технологии и постоянно променящата се парадигма на моделирането.

В бъдеще поведението на индивидуалните физически и икономически субекти в средата ще оказва все по-силно трансформиращо влияние върху стандарта на живот на населението. Ролята на ГИС ще продължи да нараства, предвид необходимостта хаотичните иновативни вълни да бъдат оползотворени за благо на населението. Регионалната конфигурация на СЗР също ще се промени – ще бъдат необходими нови модели, които качествено да уловят трендовете на промяна в рамките на територията.

СЗР е комплексна територия за анализ. Лесно е да се навлезе в негативните аспекти на регионалното развитие, да се визуализират стагнацията и икономическите дефекти на средата. Трудно е да се приложат решения, да се изгради нещо качествено ново и полезно за местното население. Проблемите, които дисертацията разглежда са няколко и важни – достъп до болничната услуга, достъп до административна услуга, ефективност на икономическите субекти в градска и междуградска среда, ефективност на трудовите и логистични пътувания, качество на стратегическите решения и наличие на алтернативни моди за транспорт.

Мнението на автора е, че науката трябва да предоставя практичен принос за решение на съществуващите проблеми. Ето защо, освен различните модели в различни йерархични обхвати, разработени с нов тип моделен инструментариум, дисертационният труд предоставя и решения, точки за дискусия и практически принос към сферата на ГИС.

От гледна точка на ГИС-Т

Необходимо е разширяването на инструментариума, които се използва за ГИС изследвания на достъпността. Новите типове модели ще изискват нов по-сложен инструментариум, който включва в себе си елементи от пакети с отворен код, големи масиви от данни, сензорни и мониторингови анализи. Поради тази причина към труда са приложени всички моделни папки, които бяха предоставени от екипа на Cube за тестване. В бъдеще ще бъдат разработени и решения с помощта на pgRouting и Mapbox на основата на мрежовите модели, приложени към труда.

От гледна точка на моделирането на транспортна достъпност

Настоящото изследване е първото, което използва активно векторно моделиране на транспортна достъпност в рамките на страната. До сега са провеждани ГИС изследвания, които са базирани на АТЗ, но не и моделиране на базата на векторни модели по алгоритъма на Дийкстра и на базата на теория на графите. За бъдещите учени в тази насока настоящият труд може да бъде полезен за това кои модели функционират добре при определени обстоятелства, и кои не. Той може да бъде и източник на информация за трудностите при работа с информацията, информационните дефицити и проблемите при визуализацията на резултатите.

От гледна точка на развитието на СЗР

Изведени са ясни и конкретни изводи, които могат да помогнат разрешаването на повече от един проблем на местно и регионално ниво. Моделните резултати се базират на факти и загатват за бъдещите възможности за развитие на териториите. Демонстрирани са не само позитивните характеристики на моделите, но и техните недостатъци и проблемните звена, където е необходим по-подробен анализ. Същевременно, ако се вложат стратегически усилия в подобряването на междуградската и междуобщинска среда, в подобряването на контактните зони между населените места в СЗР и изграждането на по-ефективен набор от алтернативни моди на транспорт, това би подобрило значително качеството на живот и качеството на инвестиционната среда в обхвата на изследването.

Напредъкът на векторното моделиране е обещаващ за възможностите на общините да участват като икономически субекти в моделирането на териториалното развитие. Всяка община ще може да изгради своя собствена мрежова система, с която да

осъществява качествено мониторинг на транспортните и технически компоненти на средата. В бъдеще дори по-малките общини ще могат да се възползват от подобни модели, и то разработени от технологични лидери като Google и Microsoft. А за професионалисти в сферата на ГИС-Т, ще са достъпни и доста по-подробни набори от данни.

Преходът към едно активно отношение към понятието „мобилност” е обещаващ и за бъдещето на СЗР. Можем да се надяваме, че напредъкът на информационните технологии и еволюиращата концепция за дигитални градове ще подпомогне развитието на СЗР.

Обработена информация

А. Бази данни

1. Микросимулации

- Ловеч – център и по-малки населени места. Пътища и население по сгради.
Плевен – център и по-малки населени места. Пътища и население по сгради.
- Монтана – център и по-малки населени места. Пътища и население по сгради.
- Видин – център и по-малки населени места. Пътища и население по сгради.
- Враца – център и по-малки населени места. Пътища и население по сгради.

2. Модел за страната

- Пътищата за страната с калкулиран разход време и пари – основа на финални модели и матрични калкулации.
- Пътищата за областта с калкулирани разходи време и пари – основа на общински модели за достъпност.

3. ЖП мрежа

- Основи на сравнителен модел за жп разходи с калкулирани средни и междинни скорости.

4. Областни модели

- Точки на градските центрове на областите в обхвата.
- Точки на областните центрове на областите в обхвата.
- Населението на страната по землища за 2015-2017 год.
- Точки на болничните заведения в обхвата.
- Землища със зависимост на населението от болничната услуга.

В. Картографски материали

1. Обхватни карти за областите Ловеч, Плевен, Видин, Враца и Монтана.
2. Мрежови модели по градове. Микросимулативни сценарии за Ловеч, Плевен, Монтана, Видин и Враца.
3. Карти с йерархия на населените места в СЗР по области за Ловеч, Плевен, Видин, Враца и Монтана.
4. Карти с население по землища и йерархия на населените места в СЗР по области за Ловеч, Плевен, Видин, Враца и Монтана.
5. Модели за анализ на трафик зони в СЗР по области – Видин, Враца, Монтана, Плевен и Ловеч.
6. Коридорни модели за СЗР по области – Видин, Враца, Монтана, Плевен, Ловеч.
7. Модели за общинска достъпност логистика, административни и болнични услуги в СЗР.
8. Сравнителни модели за страната – жп маршрути, автомобилни маршрути, зонални модели.
9. Разходни матрици на базата на материалите.

С. Модели. Моделни кутии и инструменти

Д. Сibe. Техническо съдържание на моделите

Източници, цитирани в автореферата

1. Friedman T. , 2004 “The world is flat. A Brief History of the Twenty-first Century ”Farrar, Straus and Giroux
2. Scott A.J., Soja E. W.,1998 “The City: Los Angeles and Urban Theory at the End of the Twentieth Century” California University
3. Tobler W., 2001 “The world is shriveling as it shrinks.”
4. Попов, А. 2012 “Географски информационни системи – основи на геоинформационното моделиране”, Анубис
5. Попов, А., С. Димитров, 2009 „Приложение на ГИС в планирането и управлението на територията”, Фондация ЛОПС, София
6. Коцев, А. 2008 „Моделиране и картографиране на достъпността на населението в София до обществени услуги с помощта на ГИС”, Дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен „доктор”, София
7. Li M., 2013 “Research on Industrial Security Theory”, Springer
8. Schrader M. Teufel A. S.,2009 “Fisher Investments on Industrials” , Wiley
9. “Transportation and the Geographical and Functional Integration of Global Production Networks” Journal of Urban and Regional Policy, Volume 37, Issue 4, December 2006, Pages 510–525
10. “Regional Competitiveness Index, RCI” DG Regio, 2010 , Publications office of the European Union
11. “Competitive and Sustainable Growth Program” GROWTH, Deliverable 6: Modelling the Socioeconomic and Spatial Impacts of EU Transport Policy.
12. “Traffic management and land transport” DG energy and Transport, European Communities, 2009
13. Rodrigue J-P., Comtois C., Slack B. 2013 “Geography of Transport Systems”, 3rd edition Routledge
14. Goodchild, M.F. “GIS and transportation: Status and challenges.” GeoInformatica 2000, 4
15. Juliao R.P. 1999 "Measuring accessibility using GIS" Rui Pedro Juliao, Geography and Regional Planning, New University of Lisbon
16. Miller, H.J. “Modelling accessibility using space-time prism concepts within geographical information systems.” Int. J. Geogr. Inf. Syst. 1991
17. "Replication of Torsten Hagerstrand’s Spatial Innovation Diffusion Model" Sean M. Bergin,
18. The Network for Computational Modeling for SocioEcological Science (CoMSES Net), 2012
19. Schneider J B 1983 “A review of a decade of applications of computer graphics software in the transportation field.” Computers, Environment and Urban Systems 9: 1–20
20. Thill, J.-C. “Geographic information systems for transportation in perspective.” Transp. Res.
21. Part C Emerg. Technol. 2000, 8, 3–12
22. Waters, N. “Transportation GIS: GIS-T. In Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications” Longley, P.A., Goodchild, M., Maguire, D.J., Rhind, D.W., Eds.; Wiley: New York, NY, USA, 1999; pp. 827–844.

БЛАГОДАРНОСТИ

Сърдечно благодаря на всички колеги, които съдействаха за реализацията на настоящия труд.

Благодаря на ас. урб. Михаил Николов, който ме насочи към докторантура в сферата на ГИС, на ас. д-р Леонид Тодоров, който ми помогна в намирането на информация за част от картите в труда, на доц. д-р Стелиян Димитров, който ме научи на модела за транспортна достъпност на Жулияо още в трети курс на РРП.

Благодаря на научния си ръководител проф. д-р Антон Попов, без когото дисертацията нямаше да съществува.

Най-вече благодаря на дядо ми, който беше възпитаник на СУ “Св. Климент Охридски”, който си отиде през 2017 год. и винаги ми казваше, че ще бъда доктор в неговия университет - дори преди да мога да чета.

ПРИНОСИ на дисертационния труд:

1. Създадена и приложена на практика е оригинална методика за анализ и оценка на транспортната достъпност в различни по обхват територии, базирана на векторно моделиране с инструментариума на ГИС и теорията на графите.
2. Разработени са специализирани ГИС бази данни и пространствено-аналитични модели, с помощта на които е оценена транспортната свързаност и зависимостта на населението от наличните транспортни връзки на три различни йерархични нива (населено място, община и област) в рамките на СЗР.
3. За първи път у нас са използвани три индекса (α , β , γ) за количествена оценка на ефективността на транспортните мрежи в района на изследване.
4. Тествани и приложени на практика са моделни симулации по различни сценарии за достъп до базисни услуги за населението (транспортни, болнични, административни и др.), разкриващи инфраструктурни, икономически и социални диспаратети в обхвата на изследването.
5. С помощта на микросимулации за София са илюстрирани възможностите на алтернативни специализирани платформи (като Cube на CityLabs) в условията на големи градове, представящи бъдещи насоки в еволюцията на ГИС-Т в контекста на концепцията за т.нар. „умни градове”.

ПУБЛИКАЦИИ по темата на дисертацията:

Manolova M., 2019 *GIS-based transport modelling in the context of the Severozapaden Region (SZR). Benefits of graph theory modelling for the territory of SZR. Model scenarios with focus on hospital services*. In: Young Researchers Conference proceedings 2018, Vol.1, Sofia University ‘St. Kliment Ohridski’, Sofia University press

Манолова М. 2016 “ГИС-Т.Теория на графите. Структура на бази данни в ГИС-Т” под печат в списание „Известия на Българското Географско Дружество”