

УДК: 004.942

К.В. Доля, Ю.Ю. Бойко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова,
Україна

ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ГРАВІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В МЕРЕЖЕВОМУ АНАЛІЗІ

Метою статті є виявлення потенційних місць розміщення об'єктів торгівельно-розважальної інфраструктури з урахуванням регіональних особливостей. Проведено аналіз сучасних науково-практичних підходів розрахунку місць розташування торгівельно-розважальних об'єктів у містах із урахуванням факторів територіальної доступності та населення. Застосовано сучасні геоінформаційні технології для проведення мережевого аналізу засобами гравітаційного моделювання. Виконано розрахунок параметрів відвідуваності запропонованих об'єктів торгівельно-розважальної інфраструктури із урахуванням вимог максимізації відвідуваності, збільшення частки ринку і наявності конкурентів.

Ключові слова: геоінформаційні технології, гравітаційна модель, мережевий аналіз.

Постановка проблеми

У зв'язку зі світовими процесами інтеграції та глобалізації в Україні з початку ХХІ століття почали з'являтися нові види публічних просторів – торговельно-розважальні центри. Торговельно-розважальний центр – це одна або кілька будівель, що включають сукупність магазинів та різноманітних закладів, які надають культурно-розважальні та соціально-побутові послуги. Торговельно-розважальні центри сьогодні стають одним з найпопулярніших видів публічних просторів [1]. За рахунок зручного розташування, багатофункціональності, компактності і насиченості різноманітними послугами та розвагами торговельно-розважальний центр приваблюють величезні потоки відвідувачів, забезпечуючи собі гарантію подальшого існування. Враховуючи, що будівництво таких закладів є порівняно новою практикою для України, актуальним є вивчення закономірностей та основних тенденцій їх розміщення і функціонування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Теоретичною основою дослідження є праці науковців [1], які визначили основні напрямки вивчення сфери обслуговування населення об'єктами торгівельно – розважальної інфраструктури. У праці [2] вивчено вплив і розміщення ринкових послуг з використанням різних математичних і геоінформаційних підходів.

Робота [3] розглядає сучасне розміщення і трансформацію ринкових послуг в міських просторах.

Значимість фактору розміщення для ринкових послуг незаперечна. Вдале розташування торгового об'єкту забезпечує йому стійку фундаментальну

конкурентну перевагу для розвитку. Як наслідок, оптимізацією розміщення і оцінкою розташування об'єктів ринкових послуг, в першу чергу торгових, займаються багато наукових і комерційні організації. За останні 10-15 років опубліковано значну кількість робіт з даної тематики, перш за все економістами, математиками і фахівцями в сфері маркетингу [4]. У більш ранніх роботах технології і методики багато в чому спиралися на математико-економічний аналіз даних, пізніше став враховуватися просторовий фактор. Економісти підходять до вирішення даного завдання з боку маркетингу, використовують в основному економічні моделі рішення, в той час як інші вчені використовують в основному математичні моделі, наприклад, теорію графів, метод клітинних автоматів [5]. Ці роботи носять абстрагований характер і розвиваються в напрямку ускладнення і збільшення кількості факторів, що використовуються в моделях.

Новий напрямок – обґрунтування і оцінка розташування не одиничного комерційного об'єкта, а комплексний аналіз мережі [6].

В даний час йде консолідація ринку торгівлі та інших ринкових послуг, що вимагає нових підходів в оцінці розміщення. Старі методи не підходять, оскільки при «хорошому» розміщенні одних об'єктів мережі погіршується якість розміщення інших елементів тієї ж роздрібної мережі. Автори підкреслюють, що такі методи як теорія ігор, системний аналіз, картографічні методи не дають високих результатів при аналізі мережі в цілому. Пропонується впроваджувати природні моделі, які краще описують природу: закон зворотного квадрату, що описує взаємодію гравітаційних полів (закон Ньютона), закон Біо-Савара-Лапласа – магнітний аналог закону

Кулона. Необхідно відзначити, що робота має теоретичний характер, в ній автори моделюють ситуацію з використанням великої кількості факторів, але, як і в інших подібних за даним типом робіт в реаліях, не враховується історичний фактор, а просторовий фактор виражається тільки в дорожньо-вуличній мережі у вигляді планарного графа. Не виявлені чисельні показники зв'язку між факторами і операційної діяльності комерційних об'єктів через відсутність даних [7].

Значне число робіт по оптимізації і оцінці розміщення торгових підприємств багато в чому ґрунтується з новим напрямком в економіці – геомаркетинг, який поєднує в собі аналіз просторової і атрибутивної інформації в економічному аспекті [8]. Даний напрямок став активно розвиватися з впровадженням ГІС-технологій в маркетингових компаніях. Більшість робіт, написаних на цю тему, належать економістам, маркетологам та іншим міждисциплінарним фахівцям. Основним недоліком цих робіт є те, що застосовувані геоінформаційні інструменти і моделі носять неглибокий характер, більшість робіт спирається на «базовий» інструментарій у вигляді аналізу просторових взаємин між об'єктами методами буферних зон, оцінкою евклідових відстаней, основний акцент зроблений на просторове геокодування, соціологічні опитування і їх аналіз. В одних роботах представлений описовий аналіз побудованих локальних густин населення [9], інші доповнюються створенням адаптивних методик методом соціологічних опитувань і побудови торгових зон комерційних об'єктів [10]. У роботах запропоновані підстави і варіанти інтеграції маркетингу і географії через інструменти та підходи просторового аналізу, що використовуються в геоінформаційних системах.

Сучасні географічні дослідження міського середовища вносять істотний внесок в розвиток методів аналізу розміщення. У [11] для аналізу якості міського середовища, яка має багато спільного з оцінкою умов розміщення, виділяє 5 основних чинників формування цього середовища: стан в транспортній системі; положення щодо об'єктів торговельної та соціальної інфраструктури; екологічну ситуацію; положення щодо об'єктів негативного сусідства (психологічного дискомфорту); положення щодо об'єктів позитивного сусідства. Для просторової прив'язки даних автор виділяє мережу територіальних осередків розміром 150 на 150 метрів. В результаті моделювання першого «транспортного» фактору вирішувалися питання оцінки розміру зони впливу об'єктів (оцінка доступності до станцій метрополітену, транспортної доступності до центру і інші показники), другого – «інфраструктурного» фактору, так само виділялися зони впливу торгових та інших об'єктів. У підсумку автор, аналізуючи всі інші компоненти якості міського середовища, коро-

тко описує сутність поширення явища у вигляді буферних зон впливу і територіальної доступності. Для визначення ваги кожного фактору застосований метод соціологічних опитувань. Отримана в результаті растрова карта містить дані про диференціацію міського середовища. Даний формат дослідження підходить для географічного аналізу території на мезорівні, створення типології районів. Подальшим розвитком роботи могла б служити типологія території на мікрорівні для виявлення принципових відмінностей в якості міського середовища на основі виділених факторів.

В роботі [12] описується маркетинговий підхід до формування і розвитку роздрібно-торгівельної мережі міста. У ній на основі кількісного аналізу соціологічних опитувань населення виявлені значущі фактори розміщення та їх зв'язки між собою. Автор проводить порівняння виявлених чинників з зарубіжними аналогами. Якщо порівнювати фактор територіальної доступності послуг за часом, то через гарний асортимент потенційні клієнти можуть витратити додатково 43 хвилини, в той час як зарубіжні споживачі витрачають тільки 12 хвилин. При виборі на користь якості товарів цей показник становить 25 хвилин і 11 хвилин відповідно. Фактор низьких цін стоїть на третьому місці у споживачів (18 хвилин), що вельми дивно, в той час як на заході цей показник стоїть на першому місці і становить 14 хвилин. Дивергенцію в споживчій поведінці покупців автор пояснює більш широким асортиментом європейських і американських прилеглих магазинів, що задовольняють більшу частину потреб; лояльними умовами повернення, обміну і високою якістю товарів в магазинах, високим добробутом населення і культури обслуговування в місцях надання ринкових послуг.

Слід зазначити, що споживча поведінка змінюється. Ще одним з переваг роботи є аналіз негативного боку процесів розміщення: чому той чи інший об'єкт не відкривається в даному місці? Щоб знайти відповідь на це питання, автор проводить аналіз методом соціологічного опитування, але на цей раз в якості беруть інтерв'ю виступають підприємці. На основі отриманих результатів зроблено такі висновки: головним фактором, що зупиняє прийняття рішення про відкриття нової точки, є конкуренція, на другому місці – відсутність приміщення, розташованого на пішохідному трафіку, або проблеми з його орендою, на третьому місці стоять криміногенні чинники і віддаленість від місць масового скупчення людей [3,7,9,11].

Геоінформаційні системи дозволяють отримати об'єктивні характеристики розміщення, а якщо інформація зібрана з різних територій, але за однаковою методикою, то можна порівнювати ці показники між собою. Створення єдиної бази по територіях

дослідження дозволяє в подальшому відслідковувати динаміку зміни показників. Використання інструментів ГІС дає можливість аналізувати як малі об'єкти у вигляді вуличних приміщень, так і великі – торгові центри і гіпермаркети, де у кожного типу об'єкта свої характеристики розміщення.

Методика включає наступні ключові блоки: створення базової інформаційної інфраструктури дослідження; створення бази даних тематичної інформації; визначення методів аналізу в залежності від цілей дослідження і характеру інформації [5,7,9,12].

Створення бази просторових і атрибутивних даних по розподілу чисельності населення. Щільність і розміщення населення є одним з головних позитивних чинників при оцінці розташувань комерційного об'єкта, так як безпосередньо людина є кінцевим споживачем товарів і послуг.

Мета та завдання статті

Мета даної статті полягає в тому, щоб провести аналіз підходів визначення розміщення і територіальної доступності потенційних місць розміщення об'єктів

Об'єктом роботи – є сучасна система планування територіального розміщення торговельно-розважальних комплексів, об'єктів інфраструктури з урахуванням регіональних особливостей.

Предметом роботи – є розміщення і територіальна доступність об'єктів торговельно-розважальних комплексів.

Метою роботи – є виявлення потенційних місць розміщення об'єктів торговельно-розважальних комплексів з урахуванням їхньої доступності та регіональних особливостей міста Харкова.

Виклад основного матеріалу дослідження

Необхідно знайти належне розташування роздрібних магазинів Рост, щоб забезпечити максимальну прибутковість торговельної мережі. Головною метою є розташувати магазин поблизу центрів розміщення населення і у такий спосіб забезпечити попит на товар. На підставі такого підходу лежить припущення, що люди роблять покупки в найближчих магазинах охочіше, ніж в далеких. Потрібно виконати аналіз місця розташування-розподілу, використовуючи три різних типи завдання: максимізація відвідуваності, збільшення частки ринку і збільшення цільового ринку.

Шар аналізу місця розташування-розподілу наданий у вікно Network Analyst. Класи мереживого аналізу: Пункти обслуговування (Facilities), Точки попиту (Demand Points), Лінії (Lines), Точкові бар'єри (Point Barriers), Лінійні бар'єри (Line

Barriers) і Полігональні бар'єри (Polygon Barriers) – порожні.

Додано потенційні розташування роздрібних магазинів до класу аналізу мережі Об'єкти (Facilities). Є потенційні місця, де можна відкрити магазин. Рішення в процесі розміщення-розподілу передбачає піднабір цих магазинів.

Розташування потенційних магазинів додані як шари Майбутні магазини (FutureRosts) до документа карти. Імена магазинів містяться в таблиці атрибутів шару. Завантажуються точкові об'єкти з Потенційних магазинів у клас об'єктів шару розміщення-розподілу.

Секція Властивості аналізу місця розташування (Location Analysis Properties) діалогового вікна Завантажити місця розташування (Load locations) дозволяє вказувати, які атрибути класу об'єктів Майбутні Магазини містять значення, які будуть використані Network Analyst під час вирішення задачі розміщення-розподілу.

У клас аналізу мережі Об'єкти (Facilities) завантажено тридцять майбутніх магазинів. Нові об'єкти перераховані у вікні Network Analyst і відображені на карті, що зображено на рис. 1.

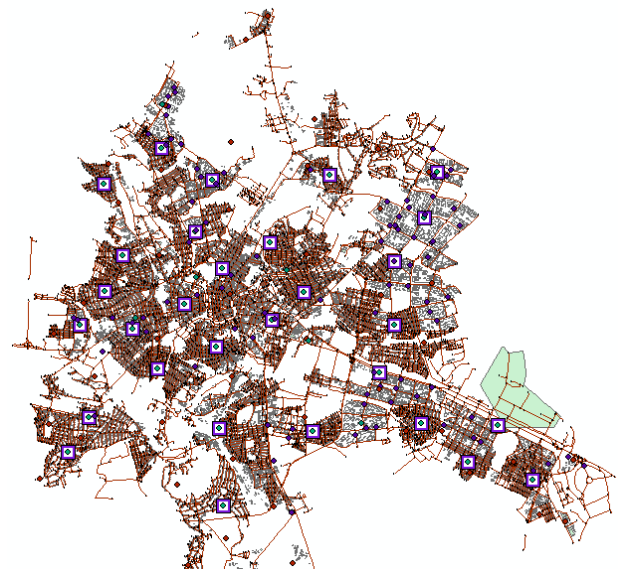


Рис. 1. Розташування потенційних об'єктів

Магазини повинні бути розташовані якомога зручніше для населення. Точковий шар суміжних кварталів перепису вже додано до ArcMap. Далі завантажуються центроїди в клас аналізу мережі Точок попиту (Demand points).

Кожна точка попиту оцінюється за населеності відповідно до перепису 2016 р.

У клас Точки попиту (Demand Points) завантажуються 44 точок суміжних кварталів перепису. Нові точки попиту враховано та візуалізовано на робочій області карти, рис. 2

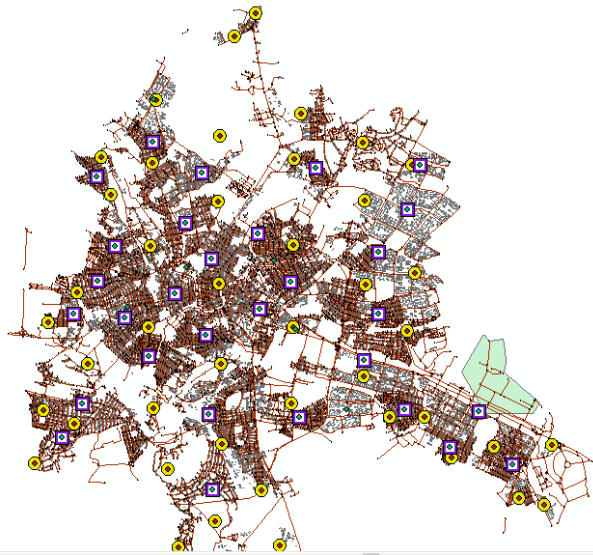


Рис. 2. Нові точки попиту

Розрахунком знаходження найкращого розташування магазинів отримано відповідне рішення, яке візуалізовано на карті лініями, що зв'язують вибрані магазини з точками попиту. Лінії також відображаються в Класі ліній (Lines class), рис. 3.



Рис. 3. Зв'язок об'єктів торгівлі з точками попиту

Додавання конкуруючих об'єктів й застосування механізму розрахунку розміщення-розподіл дозволяє розташувати нові магазини, щоб збільшити частку ринку з огляду на появу конкурентів. Частка ринку вираховується з використанням моделі Хаффа, або моделі гравітації. Модель Хаффа припускає, що ймовірність відвідування магазинів точками попиту залежить від деяких властивостей магазинів, а також від відстані до магазину.

Установлено властивості аналізу (забезпечення максимальної частки ринку) Змінено властивості шару аналізу розміщення- так, щоб вони підходили

для вирішення завдання типу Забезпечення максимальної частки ринку.

Процес знаходження найкращого розташування магазинів (забезпечення максимальної частки ринку).

Точки попиту з'єднані на карті лініями з вибраними магазинами та конкурентами. Потрібно не забувати, що обрані магазини були змінені, щоб забезпечити максимальний попит у присутності 97 конкурентів.

Серед ліній більше накладень, ніж у попередньому рішенні, оскільки кожна точка попиту в задачі на забезпечення максимальної частки ринку може взаємодіяти з усіма об'єктами в зоні імперанду.

Змінено цільові частки ринку

В останньому розділі сумарна частка ринку для трьох обраних магазинів становить 94,71 %. Припустимо, однак, для зменшення частки ринку до 80%. необхідно знати мінімальну кількість магазинів, яка буде потрібна для цього, і місця їхнього переважного розміщення. Тип завдання Збільшення цільової частки ринку допоможе знайти відповідь на це питання.

Після завершення процесу рішення в спеціальному повідомленні вказана цільова частка ринку та кількість магазинів, необхідних для її досягнення. Цільова частка ринку становить більше 80 %, оскільки у разі відкриття меншого числа магазинів цільова частка ринку становила б менш необхідних 80 %.

Крім 97 конкуруючих магазинів і шести обов'язкових магазинів, тепер є сім магазинів із Типом об'єкта (FacilityType) Обраний (Chosen). Це означає, що для досягнення цільової частки ринку 80 % потрібно сім додаткових магазинів.

Висновки та перспективи подальших розвитку

Доведено можливість використання методів геоінформаційного моделювання ринкових послуг з використанням моделі Хаффа. Методика дозволяє отримати кількісну та якісну оцінку позитивних і негативних ефектів їх взаємного розміщення.

Методика оцінки розміщення і територіальної доступності ринкових послуг у великих містах показала придатність ГІС-технологій для створення інформаційної бази дослідження розміщення комерційних об'єктів в місті.

Література

1. Khan, A. M. (1981). II. Intercity passenger transportation: energy efficiency and conservation case study. *Transportation Planning and Technology*, 7 (1), 1–9. doi:10.1080/03081068108717200

2. Friman, M. (2004). Implementing Quality Improvements in Public Transport. *Journal of Public Transportation*, 7 (4), 49–65. doi:10.5038/2375-0901.7.4.3
3. Crozet, Y. (2010). The Prospects for Inter-Urban Travel Demand. *The Future for Interurban Passenger Transport. Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD)*, 57–94. doi:10.1787/9789282102688-3-en
4. Nokandeh, M. M., Ghosh, I., Chandra, S. (2016). Determination of Passenger-Car Units on Two-Lane Intercity Highways under Heterogeneous Traffic Conditions. *Journal of Transportation Engineering*, 142 (2), 04015040. doi:10.1061/(asce)te.1943-5436.0000809
5. Schwieterman, J. (02.10.2016). Intercity Buses: 2015 Was A Smooth Ride. *New Geography*. Retrieved from <http://www.newgeography.com/content/005157-intercity-buses-2015-was-a-smooth-ride>
6. Borndorfer, R., Reuther, M., Schlechte, T., Waas, K., Weider, S. (2016). Integrated Optimization of Rolling Stock Rotations for Intercity Railways. *Transportation Science*, 50 (3), 863–877. doi:10.1287/trsc.2015.0633
7. Li, T. (2016). A Demand Estimator Based on a Nested Logit Model. *Transportation Science*, 41–59. doi:10.1287/trsc.2016.0671
8. Dolya, C., Botsman, A., Kozhyna, V. (2017). Investigation of approaches to modeling of intercity passenger transportation system. *Technology audit and production reserves*, 4(2(36)), 24–28. doi:10.15587/2312-8372.2017.108889
9. Grigorova, T., Davidich, Yu., Dolya, V. (2015). Transport Fatigue Simulation of Passengers in Suburban Service. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1 (2), 47–50.
10. Grigorova, T., Davidich, Yu., Dolya, V. (2015). Assessment of elasticity of demand for services of suburban road passenger transport. *Technology Audit And Production Reserves*, 3(2(23)), 13–16. doi:10.15587/2312-8372.2015.44768
11. Rwakarehe, E. E., Zhong, M., Christie, J. (2014). Development of a Freight Demand Model for the Province of Alberta Using Public Sources of Data. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 138, 695–705. doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.263
12. Доля, К.В. Моделирование системы междугородных пассажирских перевозок [Текст] / К.В. Доля // Технологический аудит и резервы производства. – 2017. – Т. 2, N 2(34). – С. 37-43. doi:10.15587/2312-8372.2017.100465

References

1. Khan, A. M. (1981). II. Intercity passenger transportation: energy efficiency and conservation case study. *Transportation Planning and Technology*, 7 (1), 1–9. doi:10.1080/03081068108717200
2. Friman, M. (2004). Implementing Quality Improvements in Public Transport. *Journal of Public Transportation*, 7 (4), 49–65. doi:10.5038/2375-0901.7.4.3
3. Crozet, Y. (2010). The Prospects for Inter-Urban Travel Demand. *The Future for Interurban Passenger Transport. Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD)*, 57–94. doi:10.1787/9789282102688-3-en
4. Nokandeh, M. M., Ghosh, I., Chandra, S. (2016). Determination of Passenger-Car Units on Two-Lane Intercity Highways under Heterogeneous Traffic Conditions. *Journal of Transportation Engineering*, 142 (2), 04015040.

- doi:10.1061/(asce)te.1943-5436.0000809
5. Schwieterman, J. (02.10.2016). Intercity Buses: 2015 Was A Smooth Ride. *New Geography*. Retrieved from <http://www.newgeography.com/content/005157-intercity-buses-2015-was-a-smooth-ride>
6. Borndorfer, R., Reuther, M., Schlechte, T., Waas, K., Weider, S. (2016). Integrated Optimization of Rolling Stock Rotations for Intercity Railways. *Transportation Science*, 50 (3), 863–877. doi:10.1287/trsc.2015.0633
7. Li, T. (2016). A Demand Estimator Based on a Nested Logit Model. *Transportation Science*, 41–59. doi:10.1287/trsc.2016.0671
8. Dolya, C., Botsman, A., Kozhyna, V. (2017). Investigation of approaches to modeling of intercity passenger transportation system. *Technology audit and production reserves*, 4(2(36)), 24–28. doi:10.15587/2312-8372.2017.108889
9. Grigorova, T., Davidich, Yu., Dolya, V. (2015). Transport Fatigue Simulation of Passengers in Suburban Service. *International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems*, 1 (2), 47–50.
10. Grigorova, T., Davidich, Yu., Dolya, V. (2015). Assessment of elasticity of demand for services of suburban road passenger transport. *Technology Audit And Production Reserves*, 3(2(23)), 13–16. doi:10.15587/2312-8372.2015.44768
11. Rwakarehe, E. E., Zhong, M., Christie, J. (2014). Development of a Freight Demand Model for the Province of Alberta Using Public Sources of Data. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 138, 695–705. doi:10.1016/j.sbspro.2014.07.263
12. Dolya, C. (2017). Modeling of intercity passenger transportation system. *Technology audit and production reserves*, 2(2(34)), 37–43. doi:10.15587/2312-8372.2017.100465

Рецензент: доктор економічних наук, професор К. А. Мамонов, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

Автор: ДОЛЯ Костянтин Вікторович
ст. викладач, к.т.н. кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail - c.dolya@ukr.net
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4693-9158>

Автор: БОЙКО Юлія Юріївна
студентка магістратури «Землеустрій та кадастр» кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова
E-mail – boyko.yulia01@mail.ru
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8711-3064>

APPLICATION OF GRAVITATIONAL MODELING IN NETWORK ANALYSIS

K. Dolia, Y. Boyko

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Currently, the consolidation of the market for trade and other market services is underway. This requires new approaches to assessing the placement. Old methods are not suitable. When "good" placement of some network objects deteriorates the quality of placement of other elements of the retail network. The authors emphasize that such methods as game theory, system analysis, cartographic methods do not yield high results in the analysis of the network as a whole. It is proposed to introduce natural models. They better describe nature. The law of the inverse square describing the interaction of gravitational fields (Newton's law), the law of Bio-Savar-Laplace is a magnetic analogue of the Coulomb's law. It should be noted that the work is theoretical. In it the authors simulate the situation using a large number of factors. But, like in other similar types of works in realities, the historical factor is not taken into account. The spatial factor is expressed only in the road-street network in the form of planar graph.

Modern geographic studies of the urban environment make a significant contribution to the development of methods of analysis of placement. To analyze the quality of the urban environment, which has much in common with the assessment of the conditions of placement, distinguishes 5 main factors in the formation of this environment. Condition in the transport system; provisions on trade and social infrastructure objects; ecological situation; provisions on negative neighborhoods.

The purpose of the article is to identify potential locations for shopping and entertainment infrastructure, taking into account regional peculiarities. An analysis of modern scientific and practical approaches to calculating the locations of shopping and entertainment facilities in cities taking into account factors of territorial accessibility and population. Applied modern geoinformation technologies for conducting network analysis by means of gravitational modeling. The calculation of the attendance parameters of the proposed objects of shopping and entertainment infrastructure is performed taking into account the requirements of maximizing attendance, increasing the share of the market and the presence of competitors.

Keywords: *geoinformation technologies, gravity model, network analysis.*

ACKNOWLEDGMENT

This article has received support of the project of University Nursing Program for Young Scholars with Creative Talents in Heilongjiang Province (No.UNPYSCT-2016099)