

4. ДСТУ – НБ В.2.3-21:2008. Магістральні трубопроводи. Визначення залишкової міцності магістральних трубопроводів з дефектами.
5. Банахевич Ю.В. Продовження ресурсу трубопровідного транспорту України / Ю.В. Банахевич, А.В. Драгілев, Ю.М. Дьомін та ін. – Львів : Вид-во "Сполом", 2012. – 280 с.
6. Биргер И.А. Расчёт на прочность деталей машин : справочник / И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич. – Изд. 3-е, [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1979. – 702 с.
7. Ржаницын А.Р. Строительная механика / А.Р. Ржаницын. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1991. – 440 с.
8. Светлицкий В.А. Механика стержней : учебник [для студ. ВУЗов] / В.А. Светлицкий. – В 2-х ч. – Ч. 1. Статика. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1987. – 320 с.
9. Светлицкий В.А. Механика стержней : учебник [для студ. ВУЗов] / В.А. Светлицкий. – В 2-х ч. – Ч. 2. Динамика. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1987. – 304 с.
10. Симвулиди Н.А. Расчёт инженерных конструкций на упругом основании / Н.А. Симвулиди. – М. : Изд-во "Высш. шк.", 1987. – 575 с.
11. СНиП 2.05.06-85. Строительные нормы и правила. Магистральные трубопроводы. – М. : Изд-во офиц., 1985. – 50 с.
12. Теслюк В.М. Математичне моделювання згинних коливань прямолинійної ділянки трубопроводу під дією рухомого діагностичного поршня / В.М. Теслюк, Л.Є. Харченко // Моделювання та інформаційні технології : зб. наук. праць. – К. : Вид-во Ін-та моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України. – 2013. – Вип. 69. – С. 126-135.
13. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек / С.П. Тимошенко. – М. : Изд-во "Наука", 1971. – 807 с.
14. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле : пер. с англ. Л.Г. Корнейчука / С.П. Тимошенко, Д.Х. Янг, У. Уивер. – М. : Изд-во "Машиностроение", 1985. – 472 с.
15. Eugeniusz Rusinski. Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych / Rusinski Eugeniusz, Czmochoowski Jerzy, Smolnicki Tadeusz. – Wrocław : Otcyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2000. – 443 s.

В.М. Теслюк, Харченко Л.Є. Математическое и программное обеспечение системы автоматизированного проектирования надземных участков магистральных трубопроводов

Рассмотрена построенная на модульном принципе система автоматизированного проектирования надземных участков магистральных трубопроводов. Приведены структура и UML-диаграмма классов системы, описаны функции ее элементов и основные вычислительные модули. Особое внимание уделено формированию базы расчетных моделей надземных участков магистральных трубопроводов, а также разработке математического и программного обеспечения системы автоматизированного проектирования. Рассмотрено напряженно-деформированное состояние прямолинейного надземного участка трубопровода с учетом перепада температуры и податливости прилегающих подземных участков.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, магистральные трубопроводы, надземные участки, математическое и программное обеспечение.

Teslyuk V.M., Kharchenko L.Ye. Mathematical Modelling and Computer-Aided Design Software of Pipelines Aboveground Sections

A computer-aided design of aboveground sections of pipelines that is based on a modular fundamental is considered. The structure and the UML-diagram of the system are shown; the functions of its elements and key computational modules are described. Particular attention is paid to formation of calculation models database of aboveground sections of pipelines, as well as to the development of mathematical models and software of computer aided design. The stress-strain state of aboveground straight section of the pipeline is considered taking into account temperature and compliance nearby underground areas.

Keywords: computer-aided design, pipelines, aboveground sections, mathematical models, software.

УДК 004.[825+942]

Доц. О.І. Артеменко, канд. техн. наук;
ст. викл. Б.М. Гаць, канд. техн. наук; ст. викл.

С.Ф. Шевчук, канд. техн. наук – ПВНЗ "Буковинський університет"

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ ТУРИСТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА ДОПОМОГОЮ АСИНХРОННИХ КЛІТИННИХ АВТОМАТІВ

Створено інформаційні технології для моделювання розвитку туристичної інфраструктури території з використанням асинхронних клітинних автоматів. Проведено критичний аналіз останніх досліджень технологій аналізу даних у туризмі та моделювання процесів розвитку урбаністичної інфраструктури. Обґрунтовано доцільність поєднання інтелектуальних технологій аналізу даних із функціональними можливостями геоінформаційних систем для розв'язання задач підтримки прийняття рішень та прогнозування розвитку інфраструктури в туризмі. Розроблено алгоритм побудови прогнозних карт розвитку туристичної інфраструктури регіону. Отримані результати комп'ютерних розрахунків дають змогу визначити місця, де в найближчі роки буде розвиватись туристичний бізнес.

Ключові слова: клітинна модель урбанізації, рекреаційний потенціал території, інформаційні технології, туристична інфраструктура.

Вступ. В останні десятиліття задачі планування та прогнозування зміни ландшафтів, рівня урбанізації та землекористування часто розв'язуються з використанням комп'ютерного моделювання та інформаційних технологій [1]. Для підприємців та аналітиків туристичної індустрії надзвичайно важливою є інформація про тенденції розвитку туристичної інфраструктури. Для цього необхідно мати програмні засоби побудови сценаріїв просторового розвитку об'єктів туристичної інфраструктури на території регіону.

Туристична інфраструктура розвивається там, де можна отримати дохід від ведення туристичного бізнесу. Тобто нові елементи інфраструктури будуть виникати на територіях із високим рівнем рекреаційної привабливості та довкола них. Застосування сучасних інформаційних технологій в поєднанні з математичними методами дає змогу отримувати прогнозні сценарії для складних природних явищ [2, 3] та соціально-економічних процесів [4]. Прогнозування складноконтрольованих процесів у туристичній галузі також здійснюється з допомогою комп'ютерного моделювання та інтелектуальних методів аналізу даних [5].

Постановка проблеми. Можливість передбачити зародження та розвиток туристичної інфраструктури сприятиме ефективному управлінню рекреаційними ресурсами, а також допоможе у прийнятті рішень туристичним інвесторам.

Мета роботи – створити алгоритм побудови прогнозних цифрових карт просторового розподілу об'єктів туристичної інфраструктури регіону.

Актуальність роботи полягає у вивченні можливостей використання інтелектуальних методів моделювання та клітинних автоматів для прогнозування соціально-економічних процесів у туристичній галузі.

Практична цінність дослідження полягає в тому, що результати прогнозування геометрії росту туристично-рекреаційних об'єктів можуть використовуватись для наукового обґрунтування стратегії розвитку регіону. Вони також є цікавими для підприємців, адже дають змогу виявити перспективні для розвитку

ку різноманітного туристичного бізнесу місця. Крім цього, відомості про ріст та прогнозовану форму туристично-рекреаційного об'єкта допоможуть органам місцевої влади приймати такі рішення, щоб уникнути потенційних конфліктних ситуацій та екологічних проблем у майбутньому.

Моделювання розвитку урбаністичної інфраструктури потребує накопичення та оброблення великих масивів даних, що ускладнює створення моделей, які зможуть працювати в оперативному режимі. Для вивчення просторового розвитку складних явищ та процесів використовують різні моделі. Урбанізацію, як динамічний процес, досліджують з допомогою ентропійних, гравітаційних моделей, динамічного моделювання та клітинних автоматів.

Урбанізація, як динамічний просторовий процес, моделюється з допомогою клітинних автоматів у роботі [6]. Обґрунтовано доцільність та зручність використання клітинних автоматів для моделювання процесів урбанізації. Побудовано сценарії розвитку м. Дублін на період у 30 років. Перевірено адекватність отриманих результатів з допомогою оцінювання фрактальної розмірності. У статті [7] моделювання процесів урбанізації клітинними автоматами запропоновано проводити з використанням потенціальної моделі, яка дає змогу будувати правила переходу клітинок із врахуванням факторів чисельності населення та обсягу капіталу. Імітаційного моделювання розвитку міської екосистеми стосується робота [8]. У дослідженні показано, що фактори, які впливають на процеси урбанізації, не є фіксованими величинами, а перебувають під впливом один одного. Тому для опису чинників урбанізації використано модель логістичної регресії. Еволюція урбаністичних систем моделюється з допомогою клітинних автоматів у роботі [9]. Клітинки тут представляються як мешканці міста та необхідні для людей ресурси. Процес їх взаємодії можна порівняти з класичною моделлю "хижак – жертва".

Просторову структуру дорожньої мережі 20 найбільших міст Німеччини досліджено в роботі [10]. Клітинні автомати застосовано для вивчення трафіку на дорогах. Внаслідок дослідження виявлено, що розподіл автомобільних потоків підпорядковується певному закону, а основний трафік концентрується в кількох вузлах дороги.

Клітинні автомати використовуються для прогнозування розвитку урбаністичної інфраструктури в програмному забезпеченні iCity [11]. Також клітинні автомати використовуються для просторового розвитку м. Новий Орлеан (США) [12]. Створена модель дає змогу прогнозувати урбанізацію території з врахуванням можливих на цій території стихійних лих: повеней, ураганів, цунамі. У роботі [13] клітинні автомати використовуються для імітаційного моделювання просторового розвитку міст. Територія поділяється на два класи: урбанізовану та неурбанізовану. Урбанізацією вважається процес перетворення не урбанізованих земель в урбанізовані ландшафти. Цей процес є одностороннім, адже дуже важко виконати зворотне перетворення: наприклад від забудови перейти до полів або лісів. Створена модель враховує залежність процесів урбанізації від економічних умов та приросту населення. Щільність населення розглядається як внутрішній фактор, що керує процесами урбанізації, а економічні умови – як зовнішній фактор, який стимулює урбанізацію. У дослідженні [14]

модель з використанням клітинних автоматів застосовується для прогнозування просторового росту житлових масивів у Південній Каліфорнії. Виконано прогнозування росту урбанізації з 2000 по 2050 рр. Показано, що до 2050 р. урбанізація зростає від 11 % до 25 %, 36 % та 47 % за трьома різними сценаріями розвитку. Ще одне дослідження, що стосується моделювання процесів урбанізації, описано в роботі [15]. Тут для прогнозування просторового розвитку м. Гуанчжоу (Китай) застосовано нелінійні клітинні автомати, які для побудови правил переходу використовують навчання методом опорних векторів.

Сценарії просторового розвитку м. Пекін (Китай) побудовано з допомогою поєднання клітинних автоматів із моделлю системної динаміки в роботі [16]. Внаслідок експериментів було змодельовано розвиток міста з 1991 по 2004 рр. та побудовано сценарій розвитку міста з 2004 по 2020 рр. Просторовий розвиток м. Тампа-Бей (Канада) досліджувався з допомогою динамічного моделювання на моделі клітинних автоматів у роботі [17]. Динамічне моделювання територіального розміщення сміттєвих звалищ виконувалося в роботі [18].

Поєднання моделей на основі м'яких обчислень з моделями на клітинних автоматах дасть змогу оцінити рекреаційну привабливість території та виконати імітаційне моделювання просторового розвитку туристичної інфраструктури на регіональному рівні.

Інформаційні технології прогнозування просторового розвитку туристичної інфраструктури. Для прогнозування геометричного росту туристичної інфраструктури використовується алгоритм асинхронних клітинних автоматів. Для цього використано клітинну модель урбанізації – Cellular Urban Model (CUM), що базується на теорії клітинних автоматів. CUM є багатошаровою системою матриць певного семантичного змісту.

Початковим станом системи вважається наявне просторове розташування елементів туристичної інфраструктури та населених пунктів. Елементи туристичної інфраструктури представлено у вигляді частинок. Наявна туристична інфраструктура представлена матрицею центрів кластеризації. Майбутня туристична інфраструктура представлена у вигляді частинок, що починають рух у системі з випадкової віддаленої точки. Частинки здійснюють випадкові переміщення у потенціальному полі. Внаслідок агрегації вони утворюють локалізовані групи (кластери). Частинка агрегується (приєднується) або до точкового центра кластеризації, або до раніше агрегованих частинок. Клітинки взаємодіють у потенціальному полі, роль якого відіграє сезонний показник рекреаційної привабливості території. Агрегація відбувається на існуючих атракторах (населені пункти, туристично-рекреаційні об'єкти). Обмеженнями для агрегації є характеристики території, які роблять її непридатною для ведення туристичного бізнесу (особливості рельєфу, наявність промислових об'єктів, території під охороною тощо). З часом можуть виникати нові кластери в місцях із дуже високим рівнем потенціального поля – поява нових туристично-рекреаційних об'єктів.

На рис. 1 зображено схему потоків даних, розроблену для інформаційної технології моделювання розвитку об'єктів туристичної інфраструктури [19]. Для отримання сценарію розвитку об'єктів туристичної інфраструктури для певної території необхідно завантажити геодані з бази даних геоінформаційної

системи MapInfo, що виконується з допомогою окремого програмного блоку. Горизонт прогнозування задається користувачем як кількість виконуваних ітерацій. Чим більше ітерацій виконає клітинний автомат, тим тривалішим є термін дії сценарію. Просторовий розподіл рекреаційної привабливості розраховується на основі методу, розробленого в рамках роботи [20].

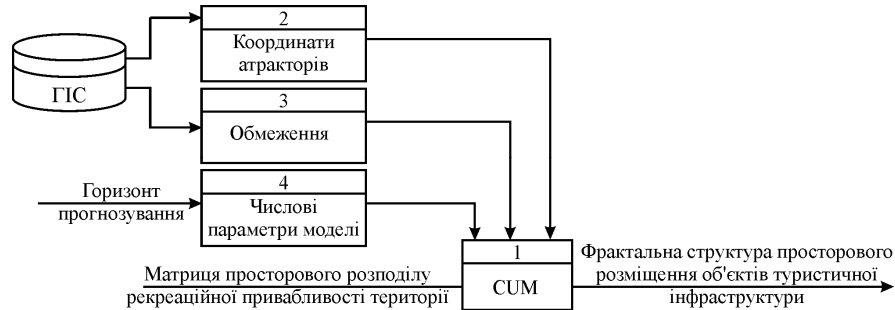


Рис. 1. Схема потоків даних інформаційно-технологічного процесу моделювання просторового розвитку туристичної інфраструктури

Правила взаємодії клітинок можна представити у вигляді:

$$F_{diff}^{ur} : (Ter \times V_{lim}' \times P) \cup X_a \rightarrow T_y. \quad (1)$$

Генерація пласкої сітки: $F_0 : Ter \rightarrow I, I = \{(i, j), j = 1, j_{max}; i = 1, i_{max}\}$.

Розрахунок розподілу ймовірності урбанізації: $F_1 : P \rightarrow P', P' = \{p_k\}_{k \in I}$.

Обмеження на урбанізацію подано у вигляді таких відображень:

$$F_2 : V_{lim}' \rightarrow V_{lim}'', V_{lim}' = \{v_k\}_{k \in I}.$$

Моделювання дифузії:

$$F_3^D : C_1 \times C_2 \times P' \times V_{lim}'' \rightarrow C_2, F_4 : C_1 \times C_2 \times P' \times V_{lim}'' \rightarrow C_1, \quad (2)$$

де: C_1 – множина частинок початкового стану системи, ($C_1 = \{c_k^1\}_{k \in I}$); C_2 – множина агрегованих частинок ($C_2 = \{c_k^2\}_{k \in I}$).

Формування типу урбанізації території Ter вигляду: $F_5 : C_2 \rightarrow T_y$.

Алгоритм моделювання складається з трьох кроків:

1. На клітинному полі випадковим чином визначається деяка i -та клітинка з координатами $c^i(x, y)$.
2. Випадковим чином визначаються координати сусідньої з c^i точки c^k .
3. Дві обрані клітинки взаємодіють між собою за своїми характеристиками j і за правилами взаємодії визначаються величини характеристик клітинок c_j^i та c_k^j в наступному стані системи.

Для прогнозування просторового розміщення туристичної інфраструктури описано дендритний ріст у вигляді моделі дискретної дифузії: матриця c_1 описує початковий стан системи; матриця c_2 враховує можливість переміщення частинок (0 – рух заборонено, 1 – рух дозволено).

Врахування просторового розподілу ймовірності урбанізації виконується шляхом внесення додаткового прошарку p – розподілу рекреаційної привабливості території. Для визначення напрямку переходу величини p_i нормуються. Після цього розраховуються інтегровані ймовірності. Далі вибирається ξ з однорідного розподілу $[0,1]$. Визначено індекс комірки, з якою буде виконуватись взаємодія, k .

На рис. 2 зображено результати комп'ютерного моделювання майбутнього просторового розташування елементів туристичної інфраструктури Чернівецької обл. Моделювання виконувалося на двовимірному полі клітинок розміром 525×525 . За основу (затравку) взято розташування об'єктів туристичної інфраструктури на 2005 р.

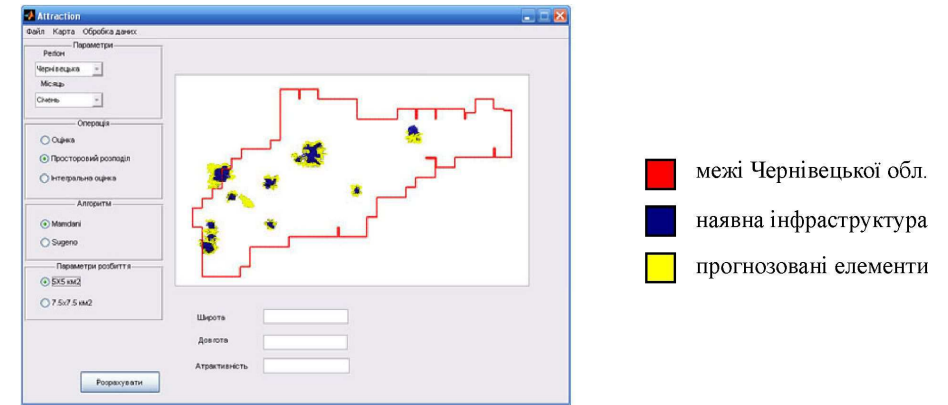


Рис. 2. Туристична інфраструктура Чернівецької обл. (1000000 ітерацій)

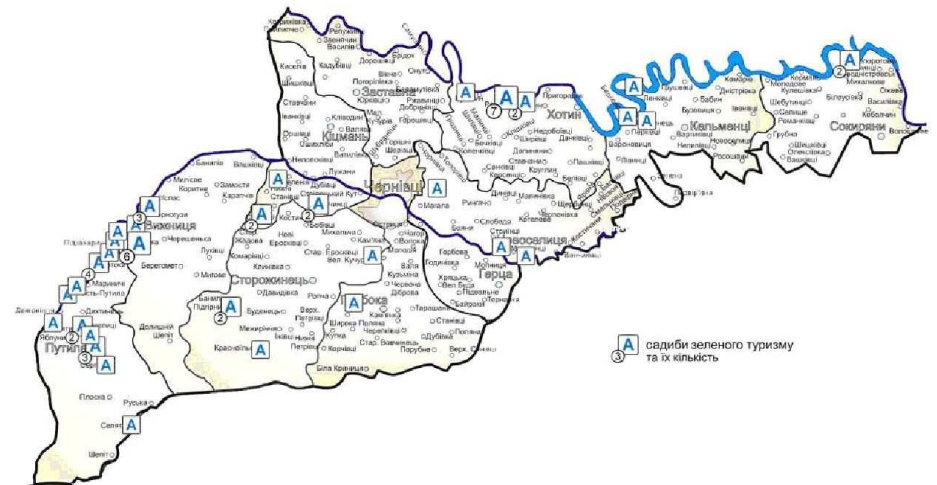


Рис. 3. Садоби зеленого туризму на території Чернівецької обл.

Для перевірки адекватності отриманих результатів порівняно просторове розташування нових (агрегованих) об'єктів туристичної інфраструктури з просторовим розташуванням садіб зеленого туризму, що виникли на теренах Чернівецької обл. з 2005 по 2012 рр. (рис. 3).

З рис. 2-3 видно, що просторове розташування прогнозованих на 2005 р. об'єктів збігається в більшості випадків із розташуванням виниклих за контрольний період туристичних об'єктів. Садоби зеленого туризму обрано як еталон тому, що саме цей вид туристичних об'єктів найбільш динамічно розвивається на території Карпатського регіону, частиною якого є Чернівецька обл.

Висновки. Розроблено методи автоматизації потоків даних для побудови прогнозних сценаріїв розвитку туристичної інфраструктури регіону на основі асинхронних клітинних автоматів. Розроблено алгоритм побудови прогнозних карт розвитку туристичної інфраструктури регіону. Створено цифрові карти загального розвитку туристичної інфраструктури Чернівецької обл. Також побудовано карти для окремих видів туристичного бізнесу: гірськолижний відпочинок, зелений туризм та ін.

Отримані результати комп'ютерних розрахунків дають змогу визначити місця, де невдовзі буде розвиватись туристичний бізнес. Ця інформація допоможе органам місцевого самоврядування приймати рішення, які сприятимуть розвитку туризму в регіоні.

Використаний в розрахунках математичний апарат дає змогу інтегрувати створені цифрові карти до GIS-систем (наприклад MapInfo). Це розширює можливості оброблення та використання карт розвитку туристичної інфраструктури.

Література

1. Freyer W. Globalisierung und Tourismus / Freyer W., Freyer W. – Dresden : FIT, 2002. – 254 s.
2. Al-Sabhan W. A real-time hydrological model for flood prediction using GIS and the WWW. / W. Al-Sabhan, M. Mulligan, G.A. Blackburn // Computers, Environment and Urban Systems. – 2003. – № 27. – Pp. 9-32.
3. Dixon B. Applicability of neuro-fuzzy techniques in predicting ground-water vulnerability: a GIS-based sensitivity analysis / B. Dixon // Journal of Hydrology. – 2005. – № 309. – Pp. 17-38.
4. Khashei M. A new hybrid artificial neural networks and fuzzy regression model for time series forecasting / Mehdi Khashei, Seyed Reza Hejazi, Mehdi Bijari // Fuzzy Sets and Systems. – 2008. – № 159. – Pp. 769-786.
5. Chen Miao-Sheng. Forecasting tourist arrivals by using the adaptive network-based fuzzy inference system. / Miao-Sheng Chen, Li-Chih Ying, Mei-Chiu Pan // Expert Systems with Applications. – 2010. – № 37. – Pp. 1185-1191.
6. Barredo J.I. Modelling dynamic spatial processes: simulation of urban future scenarios through cellular automata / Jose I. Barredo, Marjo Kasanko, Niall McCormick, Carlo Lavalle // Landscape and Urban Planning. – Vol. 64 (2003). – Pp. 145-160.
7. He C. Modelling dynamic urban expansion processes incorporating a potential model with cellular automata / Chunyang He, Norio Okada, Qiaofeng Zhang, Peijun Shi, Jinggang Li // Landscape and Urban Planning. – Vol. 86 (2008). – Pp. 79-91.
8. Fang S. The impact of interactions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl / Shoufan Fang, George Z. Gertner, Zhanli Sun, Alan A. Anderson // Landscape and Urban Planning. – Vol. 73 (2005). – Pp. 294-306.
9. Puliafito J.L. A transport model for the evolution of urban systems / Jose' Luis Puliafito // Applied Mathematical Modelling. – Vol. 31 (2007). – Pp. 2391-2411.
10. La.mmer Stefan. Scaling laws in the spatial structure of urban road networks / Stefan La.mmer, Bjo. rn Gehlsen, Dirk Helbing // Physica A. – Vol. 363 (2006). – Pp. 89-95.

11. Stevens D. iCity: A GISCA modelling tool for urban planning and decision making / D. Stevens, S. Dragicevic, K. Rothley // Environmental Modelling & Software. – 2007. – № 22. – Pp. 761-773.
12. Werner B.T. Dynamics of coupled human-landscape systems / B.T. Werner, D.E. McNamara // Geomorphology. – 2007. – № 91. – C. 393-407.
13. Li L. Simulating spatial urban expansion based on a physical process / Lin Li, Yohei Sato, Haihong Zhu // Landscape and Urban Planning. – Vol. 64 (2003). – Pp. 67-76.
14. Syphard A.D. Using a cellular automaton model to forecast the effects of urban growth on habitat pattern in southern California / Alexandra D. Syphard, Keith C. Clarke, Janet Franklin // Ecological Complexity. – Vol. 2 (2005). – Pp. 185-203.
15. Liu X. Simulating complex urban development using kernel-based non-linear cellular automata / Xiaoping Liu, Xia Li, Xun Shi, Shaokun Wu, Tao Liu // ecological modelling. – Vol. 211 (2008). – Pp. 169-181.
16. He C. Modeling urban expansion scenarios by coupling cellular automata model and system dynamic model in Beijing, China / Chunyang He, Norio Okada, Qiaofeng Zhang, Peijun Shi, Jingshui Zhang // Applied Geography. – Vol. 26 (2006). – Pp. 323-345.
17. Xian G. Dynamic modeling of Tampa Bay urban development using parallel computing / George Xian, Mike Crane, Dan Steinwand // Computers & Geosciences. – Vol. 31 (2005). – Pp. 920-928.
18. Leao S. Assessing the demand of solid waste disposal in urban region by urban dynamics modelling in a GIS environment / Simone Leao, Ian Bishop, David Evans // Resources, Conservation and Recycling. – Vol. 33 (2001). – Pp. 289-313.
19. Артеменко О.І. Інформаційна технологія моделювання просторового розвитку об'єктів туристичної інфраструктури : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.13.06 – "Інформаційні технології" / НУ "Львівська політехніка"; Артеменко Ольга Іванівна. – Львів, 2013. – 20 с.
20. Виклок Я.І. Методи побудови густини потенціального поля рекреаційної привабливості території / Я.І. Виклок, О.І. Артеменко // Штучний інтелект : зб. наук. праць. – 2009. – № 2. – С. 151-160.

Артеменко О.І., Гаць Б.Н., Шевчук С.Ф. Информационные технологии моделирования пространственного развития туристической инфраструктуры с помощью асинхронных клеточных автоматов

Разработаны информационные технологии для моделирования развития туристической инфраструктуры территории с использованием асинхронных клеточных автоматов. Проведен критический анализ последних исследований технологий анализа данных в туризме и моделирования процессов развития урбанистической инфраструктуры. Обоснована целесообразность сочетания интеллектуальных технологий анализа данных с функциональными возможностями геоинформационных систем для решения задач поддержки принятия решений и прогнозирования развития инфраструктуры в туризме. Разработан алгоритм построения прогнозных карт развития туристической инфраструктуры региона. Полученные результаты компьютерных расчетов позволяют определить места, где в ближайшие годы будет развиваться туристический бизнес.

Ключевые слова: клеточная модель урбанизации, рекреационный потенциал территории, информационные технологии, туристическая инфраструктура.

Artemenko O.I., Gats B.M., Shevchuk S.F. Information Technologies for Simulation of Tourism Infrastructure Spatial Development Based on asynchronous Cellular Automata

The creation of information technologies for modelling tourism infrastructure spatial development using asynchronous cellular automata is described. A critical review of recent researches in data mining and modelling of development of tourism urban infrastructure is made. The combination of data mining functionality with geographic information systems is proved to be an efficient solution for decision support and forecasting urban development in tourism. An algorithm was developed for constructing predictive maps of tourism infrastructure development in the region. The results of computer calculations can determine areas where in the coming years the tourism industry will be developed.

Key words: cellular urban model, recreational potential of the territory, information technology, tourism infrastructure.