

УДК 519.715

Е.И. Кучеренко¹, И.С. Глушенкова²¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков²Харьковская национальная академия городского хозяйства, Харьков

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Рассмотрены подходы к созданию информационной технологии оценивания состояния объекта. Изложена информационная технология оценивания состояния пространственно распределенных объектов на основе формальной модели с описанием ее структуры и построение сетевой модели с описанием матрицы переходов и начальной маркировки. Выполнен анализ сетевой модели с последующей модификацией технологических процессов. Предложена стратегия решения задачи и описана практическая реализация технологии оценивания объекта на примере земельного участка.

Ключевые слова: информационная технология, сетевая модель, оценивание состояния, пространственно-распределенные объекты, модификация, ГИС-технология.

Введение

Необходимость оценивания состояния пространственно-распределенных объектов существует во многих отраслях народного хозяйства. Особенно актуально этот вопрос стоит в области управления земельными ресурсами страны в целом и ее отдельных территорий в частности. На первом этапе работ по выбору местоположения земельного участка для размещения какого-либо объекта собирают все возможные данные о рассматриваемой территории, оценивают ее размеры, рельеф, конфигурацию, наличие инженерной инфраструктуры и транспортных магистралей, а также наличие санитарно-защитных и охранных зон вокруг режимобразующих объектов, которые значительно ограничивают возможности использования исследуемой территории [1].

Вследствие перевода имеющейся картографической информации в цифровой вид, широкого использования данных аэрокосмической съемки для составления и обновления цифровых топографических карт и планов, разработки на этой основе генеральных планов городов, проектов организации территорий, материалов нормативной денежной оценки земли с использованием геоинформационных технологий, муниципальных и иных геоинформационных систем (ГИС), накопилось достаточно большое количество цифровых данных на территорию Украины.

Продолжается развитие нормативной базы по созданию единой инфраструктуры пространственных данных в Украине [2] и за рубежом [3, 4]. Введены в действие классификаторы топографической информации, предназначенные для использования в автоматизированных системах обработки топографической информации, и служат для формализованного представления данных про элементы и объекты местности, отображаемых на топографических пла-

нах и картах всего масштабного ряда, принятого в Украине [5, 6]. Наличие значительных объемов информации, обладающей неопределенностью, нечеткостью, вызывает необходимость дальнейших исследований для повышения достоверности оценивания состояния объектов. Это, как известно, вызывает определенные трудности в определении критериев и технологий.

Цели решения поставленной проблемы и посвящена настоящая работа.

Постановка задачи исследований

Рассматривается множество пространственно-распределенных объектов

$$\{O_i\} \supseteq \{O_i^A\}, \quad i \in I, \quad (1)$$

где O_i^A – кортеж актуальных объектов.

Причем

$$O_i^A = \langle O^{Sp}, T^S, O^I, O^{In}, F^R \rangle, \quad (2)$$

где O^{Sp} – пространственно-распределенные объекты земельных ресурсов; T^S – объекты транспортных систем; O^I – распределенные объекты промышленного назначения; O^{In} – распределенные объекты инфраструктуры; F^R – факторы ресурсного обеспечения.

Характерными объектами могут быть пространственно-распределенные земельные ресурсы, транспортные системы, распределенные объекты промышленного назначения. Оценивание состояния таких объектов является важной и актуальной проблемой.

Исходя из особенностей предметной области исследования, строим знание ориентированную модель для множества (1)

$$\tilde{S}_\Sigma = \cup \{S_k\}, k \in K, \text{ if / then } - D, P, \tilde{F}, \quad (3)$$

которая учитывает детерминизм объекта, вероятностные характеристики и показатели нечеткости.

Необходимо предложить информационную технологию оценивания объекта (1), предложить сферу использования информационной технологии.

Подходы к созданию информационной технологии оценивания состояния объекта

Рассмотрим существующие подходы к созданию информационной технологии оценивания состояния объекта, в т.ч. [7]. Перспективным подходом к организации вычислительных процессов может быть использование однородных вычислительных модулей (ОВМ). ОВМ, в общем случае, – это универсальный программный автомат С, называемый вычислительным модулем (ВМ), имеет входной (Z+) и выходной (Z-) полюсы; ВМ используется для переработки и хранения информации [8].

ОВМ представляет собой композицию автоматов – элементарных машин, каждая из которых имеет множество входных $X_+ = \{X_{+1}, X_{+2}, \dots, X_{+m}\}$ и выходных $X_- = \{X_{-1}, X_{-2}, \dots, X_{-m}\}$ полюсов, которая образуется отождествлением выходных полюсов одной машины с входными полюсами m других машин. При этом получается однородная (регулярная) структура.

ОВМ обычно выполняют стандартные логические функции

$$\vee, \wedge, \neg \quad (4)$$

и функции алгебры вычислений

$$+, -, \times, \div, \sqrt[n]{}, \Sigma, d(AB), \alpha(AB), a : a \pm k, \quad (5)$$

что делает их очень удобными при обработке количественных данных согласно (4), (5).

Утверждение 1. ОВМ реализуют необходимые и достаточные условия реализации вычислительных операций.

Действительно, анализ существующей нормативной базы [9 – 12] показал, что при оценивании состояния объекта последовательно выполняются операции ОВМ согласно (4), (5). Согласно [13], реализация соответствующих функций (4), (5) обеспечивает полноту решения задач и, как следствие, реализует свойства необходимости и достаточности вычислительных процессов. Достоинствами ОВМ являются простота программной реализации и использования, а также быстроедействие из-за возможности распараллеливания процессов.

Недостатками ОВМ следует признать влияние субъективных факторов при назначении элементов вычислений $a : a \pm k$ и положений нечеткой логики. Это приводит, как известно, к произволу и снижению достоверности.

Важным фактором повышения достоверности принимаемых решений является включение дополнительно к вычислениям согласно (4), (5) элементов обучения Data Mining и знание ориентированных технологий, что требует дополнительных исследований.

Таким образом, рассматриваемая в данной работе информационная технология является гибридным подходом к интеграции ОВМ и знание ориентированных технологий.

Информационная технология оценивания состояния объекта

Информационная технология обычно включает следующую стратегию (рис. 1).

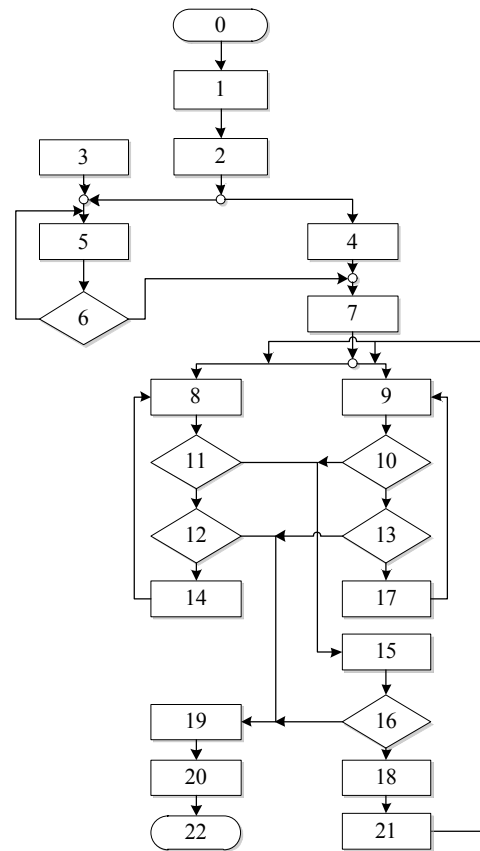


Рис. 1. Структура информационной технологии оценивания состояния объекта

Рассмотрим поэтапно компоненты технологии:
0 – инфологический анализ предметной области;

1 – на основе инфологического анализа осуществляется выбор объекта исследования (1). Производим выбор территории и назначения;

2 - разработка модели объекта (2);

3 – выбор нормативной базы, которая рассматривается совместно как результат построения модели. В качестве нормативной базы используется структурированная законодательная база и СНиПы Украины [10], РФ [11], дальнего зарубежья [12], для

которых выполнен содержательный анализ предметных областей, определены их достоинства и недостатки;

4 – определение характеристик объекта. Содержательный анализ объекта и предметной области дает возможность выявления характеристик объекта

$$\{Pr_j\} \supseteq \{Pr_j^A\}, \quad j \in J. \quad (6)$$

5 – обучение модели объекта. Используя знание ориентированные технологии и модели объекта осуществляем нечеткий логический вывод Заде-Мамдани с учетом нормы $|Y^\Phi - Y^{ож}| \leq \varepsilon$. Это требует также применения технологий обучения и настройки параметров функций принадлежности за критерием минимума индекса нечеткости $\frac{2}{n}(\tilde{A}, \bar{A}) \xrightarrow{F^*} \text{extr}$ на множестве ограничений F^* предметной области [14].

На основе нечеткой базы знаний (3) и знаний экспертов о важности значения характеристик для данного объекта выполняем ранжирование и выбираем n наиболее значимых.

6 – проверка логического условия на достоверность настройки функций принадлежности μ

$$|\mu_{(\alpha)}^\Phi - \mu_{(\alpha)}^{ож}| \leq \varepsilon^*, \quad (7)$$

где ε^* – норма точности;

7 – после реализации процессов обучения базы знаний осуществляется определение параметров объекта $\{X_i^P\}$. Для наиболее значимых характеристик определяем параметры

$$\{X_i^P\} \supseteq \{X_i^{PA}\}, \quad i \in L. \quad (8)$$

Для содержательного анализа параметров объекта оценивания используем распараллеливание процессов, которые относятся к внутренним и внешним взаимодействиям этих процессов;

8, 11, 12 – на множестве объектов (1) выполняется анализ внутренних взаимодействий по критерию достижимости [15] и отсутствию конфликтов [15] с последующей модификацией модели на этапе 14;

9, 10, 13 – на множестве объектов (1) выполняется анализ внешних взаимодействий по критерию достижимости и отсутствию конфликтов с последующей модификацией модели на этапе 17;

15, 16, 18, 21 – анализ и устранение свойств неадекватности по критериям полноты и непротиворечивости

$$Pl = \begin{cases} 1, & \text{true,} \\ 0, & \text{false,} \end{cases} \quad Npt = \begin{cases} 1, & \text{true,} \\ 0, & \text{false} \end{cases} \quad (9)$$

с последующей модификацией модели согласно этапа 21.

Фактом удовлетворительного решения по результатам анализа внутреннего V и внешнего W взаимодействия процессов обычно является нахождение

$$\{AX^{V,W}\} = \text{true}, \quad (10)$$

в противном случае:

$$Pl, Npt = \text{false} \quad (11)$$

и реализуются процедуры модификации внутренних и внешних условий, уточнение множества параметров вида

$$\begin{aligned} &\text{if } \{A_N AX^{V,W}\} \rightarrow \text{false} \\ &\text{then } U\{A_N AX^{V,W}\} \rightarrow \text{true.} \end{aligned} \quad (12)$$

После выполненных действий по модификации, согласно этапа 21, условий (12) получим значения $\{A_N AX^{V,W}\} \rightarrow \text{true}$.

19, 20, 22 – этапы принятия решений о состоянии объекта, формирование отчетов.

Анализ и модификация достижимости процессов

Изложенная процедура в ряде случаев обладает свойствами отсутствия достижимости и наличия конфликтных ситуаций на этапах анализа.

Это потребовало содержательного анализа и возможной модификации моделей [15] по критериям достижимости 1, 2, 3, 4, упорядоченных по сложности анализа [15, 16] и критериям поиска конфликтных ситуаций на множестве решений [15].

Используя научные положения статьи [17], представим сетевую модель согласно рис. 1, которая отображает основную сущность структуры

$$S_1 = \left\langle P, T, F, M_0, m_S, O, \tilde{M}_{0C}(f), \tilde{M}_C(f), \tilde{C}, \tilde{V}, \tilde{K}, L\{x_u\} \right\rangle. \quad (13)$$

Анализ состояний был реализован в среде FPN [17] при матричном нечетком отображении нечетких процессов анализа [1]

$$\alpha_{\tilde{H}(f)} = \begin{cases} x_{ij}(k), & \text{if } \tilde{p}_j \in \{\tilde{p}_i(\text{in})\} \\ & \text{and } \tilde{p}_j \notin \{\tilde{p}_i(\text{out})\}, \\ y_{ij}(k), & \text{if } \tilde{p}_j \notin \{\tilde{p}_i(\text{in})\} \\ & \text{and } \tilde{p}_j \in \{\tilde{p}_i(\text{out})\}, \\ 0, & \text{if } \tilde{p}_j \notin \{\tilde{p}_i(\text{in})\} \\ & \text{and } \tilde{p}_j \notin \{\tilde{p}_i(\text{out})\}, \end{cases} \quad (14)$$

где $x_{ij}(k), y_{ij}(k)$ – множества функций принадлежности входных и выходных дуг модели, $i \in I, j \in J$.

Для случая, когда $x_{ij}(k) = 1, y_{ij}(k) = 1$ матрица (14) вырождается и имеет вид

Анализ достижимости
 принятия решения по критерию 1
 ВСП по критерию 1 (20)
 принятия решений достижимы
 Время анализа 0 : 0 : 0 : 0

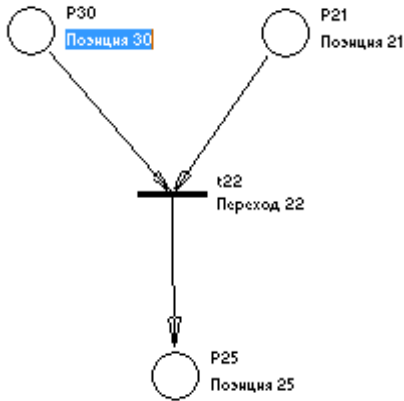


Рис. 4. Фрагмент модели

Анализ достижимости
 принятия решения по критерию 2
 ВСП по критерию 2 (21)
 принятия решений достижимы
 Время анализа 0 : 0 : 0 : 16

Анализ достижимости
 принятия решения по критерию 3
 ВСП по критерию 3 (22)
 принятия решений достижимы
 Время анализа 0 : 0 : 0 : 16

Анализ достижимости
 принятия решения по критерию 4
 ВСП по критерию 4 (23)
 принятия решений достижимы
 Время анализа 0 : 0 : 0 : 0
 Суммарное время анализа 0 : 0 : 0 : 32

Проверка конфликтов :
 Состояние P10 имеет конфликт
 или подозрение на конфликт
 Состояние P11 имеет конфликт
 или подозрение на конфликт
 Состояние P12 имеет конфликт
 или подозрение на конфликт (24)
 Состояние P25 имеет конфликт
 или подозрение на конфликт
 Состояние P34 имеет конфликт
 или подозрение на конфликт

Содержательный анализ позиций $\{P_{10}, P_{11}, P_{12}, P_{25}, P_{34}\}$ показал, что конфликты в этих позициях отсутствуют, т.к.

$$\forall P_j, P_j \in P, P_j \in \{P_{10}, P_{11}, P_{12}, P_{25}, P_{34}\} | M_{P_j} \leq 1.$$

Повторный анализ СП показал адекватность модели по критериям достижимости и отсутствия конфликтных ситуаций, согласно [15].

После анализа и модификации сетевых решений согласно рис. 4 были получены удовлетворительные результаты (20)-(24):

$$Ac = true, \overline{Confl} = true.$$

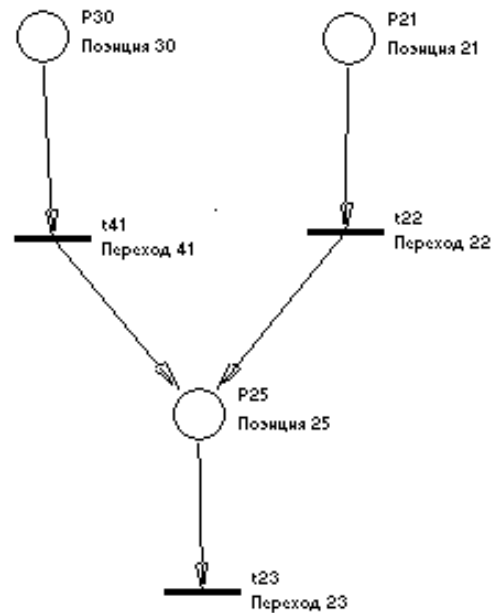


Рис. 5. Фрагмент модификации модели

Практическая реализация

Рассмотрим процесс оценивания пространственно-распределенного объекта на примере земельного участка, расположенного на территории города (рис. 6).

Выбор объекта исследования в виде некоторого существующего или проектного земельного участка производится путем выбора искомой области на экране или посредством ввода координат границы объекта. Затем присваивается вид целевого назначения function, используя классификацию [18].

Оценивание земельного участка выполняется на основании принципа наиболее эффективного использования земельного участка с учетом целевого назначения [12].

Определение характеристик объекта P_{r_j} заключается в формировании набора данных об имеющихся на выделенной территории объектах различного происхождения, которые определены как факторы в работе [7].

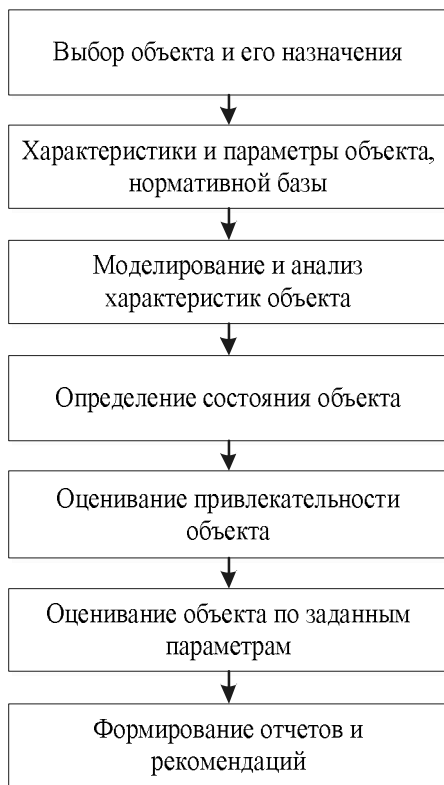


Рис. 6. Стратегия решения задачи

Все множество факторов $\{\Phi_i\}$, воздействующих на объект оценивания [7], состоит из следующих групп: геодезические или пространственные (площадь, периметр, конфигурация, рельеф), кадастровые (кадастровый номер, стоимость, количество контуров внутри участков, их площадь и тип покрытия, данные о зданиях, наличие санитарно-защитных и охранных зон, информация о правах и субъектах права, и т.д.), экологические (границы и степень очагов загрязнений, зоны с повышенным содержанием вредных веществ, зоны риска), инфраструктурные (транспортные сети, линии связи и инженерных коммуникаций).

Исходя из целевого назначения, из нормативной базы выбирается подмножество Law, состоящее из формализованных качественных и количественных требований к расположению земельного участка, а также ограничений на его использование. Ранжирование элементов подмножества Law выполняется по значению величины функции принадлежности $\mu_i(Law)$ этих элементов к виду целевого назначения function, которая выбирается из базы знаний.

В дальнейшем рассматриваются только те характеристики объекта Pr_j^A , у которых $\mu_j(Law) > \mu^*$, где μ^* – порог значения функции. Для них и определяются параметры, а затем выполняется анализ внутренних и внешних взаимодействий.

Если результаты анализа показывают неудовлетворительный результат, то предусмотрено введение некоторых дополнительных условий. Также имеется ограничение на время выполнения анализа и проверка результатов на полноту и непротиворечивость. После устранения неадекватности предусмотрена возможность модификации модели и повторный анализ.

В случае положительного анализа адекватности формируется отчет о состоянии объекта, который является объектом последующих действий по формированию рекомендаций.

Оценивание привлекательности земельного участка (рис. 6), его состояния или же стоимости выполняется, исходя из его назначения, которое определяет набор значимых характеристик участка Pr_j^A и требования к их параметрам X_1^P . С этими назначенными данными и сравниваются данные конкретного участка. Это позволяет сократить время предварительного анализа.

Таким образом, содержательный анализ теоретических положений, например [19], показал, что в практических приложениях существует необходимость выполнения таких работ:

- многофакторное оценивание состояния привлекательности земельного участка, как степени пригодности для определенного целевого назначения;
- анализ возможности размещения на выбранном земельном участке того или иного типа недвижимости;
- выбор наиболее эффективного использования участка;
- выбор земельного участка по заданным параметрам;
- анализ санитарно-защитных и охранных зон, транспортной доступности, инженерной инфраструктуры;
- ранжирование альтернативных вариантов выбора объекта;
- формирование рекомендаций и отчетов.

Изложенные в настоящем разделе работы по практическому применению теоретических положений статьи в условиях АР Крым показали высокую эффективность подходов.

Выводы

Впервые предложена и реализована информационная технология оценивания состояния сложных пространственно распределенных объектов с использованием знание ориентированных подходов.

Предложенные и апробированные методы, модели и технологии использованы при решении практических задач управления землепользованием предприятия АР Крым, подтверждена эффективность подходов.

Перспективними напрямками дальніших досліджень вважається адаптація технологій при розробці генеральних планів городов, оцінюванні привлекательності територій, при проведенні експертизи об'єктів.

Список літератури

1. Земельные участки. Выбор участка для склада [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://lana.biz.ua/119-vybor-uchastka-dlja-sklada.html> – 23.11.2010 г.
2. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: [закон України: офіц. текст: за станом на 16 листопада 2010 року] [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T980353.html – 25.02.2011 г.
3. Матвеева Е.Е. Вопросы использования государственных фондов пространственных данных / Е.Е. Матвеева, Г.Г. Побединский, Р.Б. Яковлева // Геопроби. – 2008. – № 5, 6. – С. 18-24, 7-16.
4. National Geospatial Program Standards [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://nationalmap.gov/gio/standards/> – 19.01.2011 г.
5. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних планах масштабів 1:5 000, 1:2 000, 1:1 000, 1:500 // Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. Ч. 1. – Вінниця: Антекс, 2000. – С. 189-221.
6. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000 // Топографо-геодезична та картографічна діяльність: Законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах. Ч. 1. – Вінниця: Антекс, 2000. – С. 221-257.
7. Кучеренко Е.И. Об информационных технологиях принятия решений в задачах оценки состояния территорий / Е.И. Кучеренко, И.С. Глушенкова // Искусственный интеллект. – 2010. – № 3. – С. 489-493.
8. Однородные вычислительные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://itworld.com.ua/sections/viewarticle/87.html> – 06.03.2011 г.
9. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні: навч. посібник / Ю.Ф. Дехтяренко, М.Г. Лихозруд, Ю.М. Манцевич, Ю.М. Палеха. – К.: ПРОФІ, 2006. – 624 с.
10. Урядовий портал [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.kmu.gov.ua/control/> – 01.02.2011 г.
11. Законодательство Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://infopravo.by.ru/> – 01.02.2011 г.
12. Міжнародні стандарти оцінки / Пер. з англ. С.О. Пузенко. – К.: «АртЕк», 2008. – 432 с.
13. Архитектура электронных вычислительных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://www.intuit.ru/departament/hardware/paralltech/9/paralltech_9.html – 4.02.2011 г.
14. Кучеренко Е.И. О модификации методов оперативной настройки функций принадлежности в знании ориентированных моделях / Е.И. Кучеренко, А.В. Корниловский, И.С. Глушенкова // Системы обработки информации: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 5 (86). – С. 54-57.
15. Кучеренко Е.И. Сетевые модели в задачах анализа складных систем / Е.И. Кучеренко. – Х.: ХТУРЕ, 1999. – 100 с.
16. Нейро-фаззи модели и мультиагентные технологии в сложных системах / Е.В. Бодянский, В.Е. Кучеренко, А.И. Михалев и др. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2008. – 412 с.
17. Кучеренко Е.И. Модели процессов оценивания состояний сложных пространственно распределенных объектов / Е.И. Кучеренко, И.С. Глушенкова // Системы обработки информации: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2011. – Вип. 2 (92). – С. 78-85.
18. Класифікація видів цільового призначення земель [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: http://dkzr.gov.ua/terra/control/uk/publish/article?art_id=115204&cat_id=36879 – 24.02.2011
19. Как выбрать земельный участок [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: http://www.pmg.com.ua/vibor_uchastka.html – 10.03.2011 г.

Поступила в редколлегию 25.02.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Филатов, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ СКЛАДНИХ ПРОСТОРОВО РОЗПОДІЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ

Є.І. Кучеренко, І.С. Глушенкова

Розглянуто підходи до створення інформаційної технології оцінювання стану об'єкту. Викладено інформаційну технологію оцінювання стану просторово розподілених об'єктів на основі формальної моделі з описом її структури та побудову мережевої моделі з описом матриці переходів і початкового маркування. Виконано аналіз мережевої моделі з наступною модифікацією технологічних процесів. Запропоновано стратегію рішення задачі та описано практичну реалізацію технології оцінювання об'єкту на прикладі земельної ділянки.

Ключові слова: інформаційна технологія, мережева модель, оцінювання стану, просторово-розподілені об'єкти, модифікація, ГІС-технологія

INFORMATION TECHNOLOGY IS STATE ESTIMATION OF COMPLEX SPATIALLY EXTENDED OBJECTS

Ye.I. Kucherenko, I.S. Glushenkova

The approaches to the creation of an information technology an estimation of object. Presented information technology an estimation of spatially distributed objects on the basis of a formal model and describing structure of model. Presented building a network model and describing the transition matrix and initial marking. The analyzed of network model with subsequent modification processes. Presented strategy of solving the problem and describes the practical implementation of technology an estimation of object as an example of land.

Keywords: information technology, network model, estimation the conditions, the spatially-distributed objects, modification, GIS-technology.