2. Рогаткин Д.А., Быченков О.А., Поляков П.Ю. Неинвазивная медицинская спектрофотометрия в современной радиологии: вопросы точности и информативности результатов измерений // Альманах клинической медицины. - 2008. - Т. XVII, Часть 1. – С. 83-87.
3. Афанасьев А.И., Рогаткин Д.А., Сергиенко А.А., Шумский В.И. Методики и аппаратура неинвазивной оптической тканевой оксиметрии // Материалы XXVI школы по когерентной оптике и голографии. – Иркутск: «Папирус», 2008. – С. 505-513.
4. Неотложная медицинская помощь / Глумчер Ф.С., Москаленко В.Ф., Амосова Е.Н. и др. - Киев: Медицина, 2008. - 664с.
5. Марино П. Интенсивная терапия: Пер. с англ. доп. - Москва: Гэотар Медицина, 1999. - 640с.
6. Калакутский Л. И., Манелис Э. С., Родкина Ю. М. Пульсоксиметрический датчик для диагностики состояния внутриутробного плода в родах // Медицинская техника. - 2005. – №4. - С. 50-51.
7. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. - Москва: Медиа Сфера, 2003. – 312с.

УДК 004.62:004.942

РАСШИРЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ НАД МЕТАМОДЕЛЯМИ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ С УЧЕТОМ МАССОВЫХ ПРОБЛЕМ

Е.В. Малахов
Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
Кафедра информационных систем в менеджменте
Одесский национальный политехнический университет
пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044
Контактный тел.: (0482) 734-84-17
E-mail: opmev@mail.ru

Представлена класифікація об'єктів предметної області та на її підставі запропонований математичний опис (модель) предметної області. Розширені операції над моделями предметних областей з урахуванням масових проблем, які розв'язуються над ними, та сформульовані нові операції

Ключові слова: модель, предметна область, об'єкт, маніпулювання моделлю

Представлена классификация объектов предметной области и на ее основании предложено математическое описание (модель) предметной области. Расширены операции над моделями предметных областей с учетом массовых проблем, решаемых над ними, и сформулированы новые операции

Ключевые слова: модель, предметная область, объект, манипулирование моделью

A subject domain objects classification is presented and on its basis the mathematical description (model) of a subject domain is offered. Operations for subject domains models taking into consideration the mass problems solved over them are expanded and new operations are formulated

Keywords: model, subject domain, object, model manipulation

Введение

Согласно одному из определений, приведенных в литературе [1], предметная область (ПрО) содержит множество объектов, между которыми установлены связи, также образующих определенное множество. Тем не менее, согласно математической формулировке понятия множества, нельзя говорить о множестве всех объектов, которые присутствуют в той или другой ПрО. Действительно, довольно сложно найти любое общее свойство, кроме принадлежности к конкретной ПрО, которая бы позволила включить в одно множество и биологические объекты, в том числе, пользователей информационной системы, и материальные объекты этой ПрО, а также продукты и результаты интеллектуальной деятельности субъектов ПрО и пользователей информационной системы

Математическое представление предметной области

Если все элементы ПрО разбить на классы, можно говорить о классе объектов физического или виртуального мира G и о классе объектов интеллектуального мира J. При этом в G можно выделить множество активных объектов H, что целенаправленно воздействуют друг на друга и на другие объекты этого мира или генерируют объекты мира J, и множество пассивных объектов мира G, которые являются только приёмниками воздействия. Последнее иногда ассоциируют с научно-производственным комплексом Q, связанным с данной ПрО.

Интеллектуальный мир тоже можно разделить на два множества. Первое множество O содержит в себе объекты, являющиеся результатом интеллектуальной деятельности или объектов из множества H, или пользователей информационной системы, которая создана для данной ПрО. Последние чаще всего также являются элементами множества H. Второе множество представляет собой множество массовых проблем P, сформулированных над этой ПрО, и их индивидуальных задач. Элементы множества O часто являются результатами решения элементов множества P, но, в отличие от них, могут быть представлены как объекты данной ПрО, принимающие участие в связях друг с другом и с объектами мира G.

Если задана ПрО d или, с учетом динамики, $d(t)$, то с приемлемой степенью приближения можно описать область $G(t)$, на которой расположена ПрО, и ее эволюцию во время эволюции ее интеллектуальной компоненты $J(t)$.

Таким образом, каждая ПрО является системой $(G(t),J(t))$, где $G(t)$ является областью физического мира, который может рассматриваться, как n-арное пространство с определенной структурой и топологией. Компоненты системы $(G(t),J(t))$ эволюционируют и динамично развиваются, и одновременно взаимодействуют между собой по определенным законам [2].

Каждая ПрО может быть точнее описанная с учетом множества задач, которые над ней систематически решаются. Уточнение касается множества ее экспертов $E(t)$, множества пользователей $EU(t)$, множества задач, решаемых некоторым множеством лиц, принимающих решения, (ЛПР) $PTD(t)$, и множества специалистов $MP(t)$, способных формализовывать содержательно сформулированные проблемы и находить алгоритмы их решения.

В отличие от приведенных множеств некоторые специалисты [3] вводят классификацию пользователей как заинтересованных лиц в проекте по разработке системы, используя таксономию (*теорию классификации и систематизации сложноорганизованных областей реальности и знания*). Таксономия согласно [3] — это широкие категории заинтересованных лиц, которые расположены „Кругами“ в несколько рядов вокруг продукта. Внутри них групповые „Слоты“ описывают типичные классы заинтересованных лиц, которые, в свою очередь, делятся на „Роли“, а уже название „Роли“ будет зависеть от ПрО.

С нашей точки зрения, эксперты и пользователи решают задачи информационного типа, направленные на накопление первичной информации о ПрО, объекты ПрО и их свойства. ЛПР принадлежат к множеству $PTD(t)$ и решают задачи, не имеющие точной формулировки или связанные со значительной неопределенностью выбора оптимальных решений из множества всех возможных решений. И наконец, лица из множества $MP(t)$ решают классы задач, для которых допустимая четкая формальная постановка и в математической форме которых используются параметры. Для задач этого класса наиболее проблемный характер носит процесс построения алгоритма решения полученной при этом массовой проблемы.

Их объединение представляет собой множество $H^*(t)=E(t)\cup EU(t)\cup PTD(t)\cup MP(t)$. $H(t)$ можно рассматривать как множество всех людей, работающих в научно-производственном комплексе $Q(t)$. Очевидно, что $H^*(t)\subseteq H(t)$. $Q(t)$ также можно рассматривать как множество всех предприятий, взаимодействующих с ПрО или функционирующих в ней.

Элементы множества $H(t)$ создают или формулируют элементы интеллектуальной компоненты $J(t)$ ПрО. Точнее, они генерируют элементы множества $O(t)$ и формулируют и решают элементы множества $P(t)$. Полученные решения также включаются в интеллектуальную компоненту ПрО как элементы множества $O(t)$.

Таким образом, элементы ПрО можно описать одной из систем выражений:

$$\begin{aligned}&(G(t),J(t)) \quad \text{или}\\&(H(t),Q(t),O(t),P(t)) \quad \text{или}\\&(H^*(t),H(t)-H^*(t),Q(t),O(t),P(t)).\end{aligned} \tag{1}$$

Очевидно, что множества H, Q и O и множество связей между элементами этих множеств V образуют физическую и информационную структуру ПрО и могут быть отражены в ее информационной или структурной модели, возможные представления которой рассмотрены в [4].

Понятно, что объекты ПрО, которые являются проекциями универсальных сущностей на ПрО и которые принадлежат одному из трех множеств H, Q и O, можно представить как множество объектов ПрО E, которое представляет собой множество (или класс) указанных множеств. Поэтому корректно говорить о том, что ПрО d_i задана одним из наборов (совокупностей) множеств:

$$\begin{aligned}&(G_i(d_i),V_i(d_i),J_i(d_i)) \quad \text{или}\\&(H_i(d_i),Q_i(d_i),O_i(d_i),V_i(d_i),P_i(d_i)) \quad \text{или}\\&(E_i(d_i),V_i(d_i),P_i(d_i)).\end{aligned} \tag{2}$$

В дальнейшем, в зависимости от задачи, будем или использовать совокупное множество объектов $E(d_i)$ (например, для упрощения записи операций над моделями), или будет иметься в виду принадлежность конкретных объектов до одной из указанных множеств (в частности, при выполнении операций).

Соответственно скорректируем определение предметной подобласти (ПрПО), приведенной в [4]. В частности, добавим, что для нее должно выполняться условие

$$G(S_i(j))\subseteq G(d_j)\ \&\ J(S_i(j))\subseteq J(d_j) \tag{3}$$

Пусть на основании некоторых содержательных или интуитивных соображений был задан набор $(G'(t),J'(t))$, который, в общем случае, может и не задавать ПрО. Рассматривая множество всех ПрПО, можно найти в ней минимальную ПрО $\tilde{d}(t)=(\tilde{G}(t),\tilde{J}(t))$ такую, что для нее выполняется условие

$$\left(G'(t) \subseteq \tilde{G}(t)\right) \& \left(J'(t) \subseteq \tilde{J}(t)\right) \text{ или}$$

$$\left(H'(t) \subseteq \tilde{H}(t)\right) \& \left(Q'(t) \subseteq \tilde{Q}(t)\right) \& \left(O'(t) \subseteq \tilde{O}(t)\right) \&$$

$$\left(P'(t) \subseteq \tilde{P}(t)\right). \qquad (4)$$

Набор множеств $\tilde{H}$, $\tilde{Q}$, и $\tilde{O}$ описывает объекты, фактически определяющие эту подобласть, т.е. является объектным ядром этой подобласти. Подобное ядро можно выделить для любой ПрО.

ПрО, в которых можно выделить подобласти или которые образованы множеством отдельных ПрО, являются сложноструктурированными. Т.е., если в ПрО невозможно выделить подобласть $S_i(j)$, в определении которой есть все компоненты набора $\left(E_i(S_i(j)), V_i(S_i(j)), P_i(S_i(j))\right)$, то такая ПрО не является сложноструктурированной. Например, выделение множеств $E_i(S_i(j))$ и $V_i(S_i(j))$ не означает, что множество $P_i(S_i(j)) \neq \varnothing$. Это может произойти, если пользователь не определил массовые проблемы, которые решаются над выделенным множеством $E_i(S_i(j))$, или они не могут существовать вообще [5].

Модифицированные операции над метамоделями предметных областей

Согласно сформулированным выше определениям необходимо внести соответствующие изменения в операции над ПрО, приведенные в [6]. В частности, в операции пересечения, объединения и дополнения необходимо добавить соответствующие субоперации над множествами массовых проблем, которые имеют место или сформулированы над ПрО-операндами.

Кроме того, отличие операций пересечения и объединения ПрО от классических операций над множествами следует из того, что некоторые ПрО $d_M(t)$ и $d_K(t)$, аналогично множествам и классам, находятся в одном из отношений:

а) $d_M(t)$ и $d_K(t)$ не имеют каких-либо общих образующих компонентов элементарных составных и, следовательно, их пересечение является пустой, а объединение — непустой ПрО:

$$d_L(t) = d_M(t) \cup d_K(t);$$

$$d_N(t) = d_M(t) \cap d_K(t) = \varnothing; \qquad (5)$$

б) $d_M(t)$ и $d_K(t)$ имеют общие образующие компоненты, которые в совокупности не образуют ПрО, но существует наименьшая ПрО, в которую входят все общие образующие компоненты, и при этом любая другая ПрО, что содержит общие образующие компоненты, содержит в качестве собственной ПрПО выделенную выше ПрО, и в этом смысле имеется в виду ее минимальность:

$$d_L(t) = d_M(t) \cup d_K(t);$$

$$d_N(t) = d_M(t) \cap d_K(t); \qquad (6)$$

в) $d_M(t)$ и $d_K(t)$ обладают тем свойством, что $d_M(t)$ является собственной ПрПО ПрО $d_K(t)$ или наоборот:

$$d_L(t) = d_M(t) \cup d_K(t) = d_M(t);$$

$$d_N(t) = d_M(t) \cap d_K(t) = d_K(t). \qquad (7)$$

Графически эти случаи представлены на рис. 1.

Необходимо отметить, что это касается как ПрО в целом, так и каждого из множеств, которые являются их компонентами, что соответствует теории множеств. Однако, если при пересечении и объединении множеств массовых проблем ПрО $P(d_N) = P(d_M) \cap P(d_K)$ в случаях (а) и (в) на рис. 1 результат операции определяется однозначно, то в случае (б) имеет место неоднозначность.

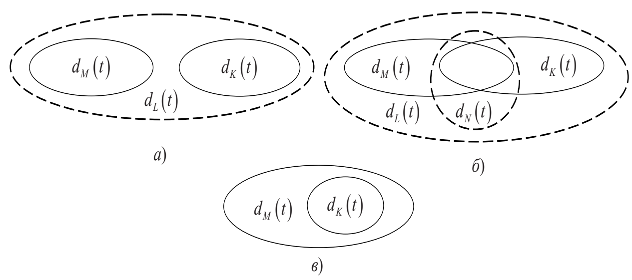

Рис. 1. Варианты объединения и пересечения ПрО

Неоднозначность результата пересечения ПрО по массовым проблемам заключается в следующем. Одинаковые массовые проблемы и их индивидуальные задачи в различных ПрО формулируются различными пользователями. Следствием этого является расхождение интеллектуальных компонентов тождественных в структурном плане подобластей ПрО-операндов. Т.е., над одной и той же частью физического или виртуального мира фактически определены предметные области, которые незначительно, но отличаются.

Эту ситуацию иллюстрирует рис. 2.

Более того, полученный набор множеств $\left(E(d_L), V(d_L), P(d_L)\right)$ может не быть стандартным набором ни одной ПрО. Поэтому результатом операции пересечения будем считать минимальную ПрО, которую обозначим $\tilde{d}_L(t)$, удовлетворяющая условию $d_M(t) \cap d_K(t) \subseteq \tilde{d}_L(t)$.

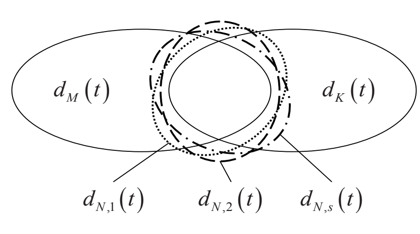

Рис. 2. Множество минимальных ПрО, полученных при пересечении ПрО

При этом, в силу неоднозначности выбора минимальной ПрО, можно построить граничную минимальную ПрО. Рассмотрим множество всех минимальных ПрО, которые включают результат пересечения информационно-структурных компонентов ПрО-операндов. Пусть это множество состоит из ПрПО $\{d_{N,1}(t), d_{N,2}(t), \ldots, d_{N,s}(t)\}$, где $d_{N,i}(t)$ определяется комплексом $\left(E(d_N), V(d_N), P_i(d_N)\right)$. Тогда $d_N(t)$ определим соотношением

$$d_N(t) = \lim_{s\to\infty}\left(d_{N,1}(t) \cap d_{N,2}(t) \cap \ldots \cap d_{N,s}(t)\right). \quad (8)$$

Поскольку $d_{N,i}(t)$ отличаются только множествами массовых проблем, то и ПрО $d_N(t)$ определяется выражением

$$P(d_N) = \lim_{s\to\infty}\left(P_1(d_N) \cap P_2(d_N) \cap \ldots \cap P_s(d_N)\right). \quad (9)$$

В большинстве практических случаев достаточно ограничиться конечным количеством минимальных множеств, включающих $P(d_N) = P(d_M) \cap P(d_K)$. Более того, достаточно одной произвольной минимальной ПрО, поскольку $d_N(t)$ содержит в себе все операции, которые выполнялись с целью получения данных, информации и новых знаний о каждой из ПрО. Результатом этих операций являются все решения экспертов, пользователей, множеств ЛПР и творческих коллективов, решающих массовые проблемы $P(d_N) = P(d_M) \cap P(d_K)$. Приведенные уточнения операции пересечения вводятся только с целью, заключающейся в том, чтобы результат операции снова являлся ПрО с минимальной вычислительной сложностью ее выделения. При этом однозначность операции необходима для того, чтобы полученная ПрО не требовала дополнительных условий, а выполнение операции, с вычислительной точки зрения, имело самый простой характер.

В случае операции объединения ПрО неоднозначность может иметь место и в случае (б) (рис. 1). Она также обусловлена обстоятельством, заключающемся в том, что выбор минимальных ПрО не является однозначным.

Но это касается не всего результата объединения, а общей структурной части ПрО-операндов. Очевидно, что множества массовых проблем, определенных над теми подмножествами ПрО-операндов, которые находятся за пределами результата их пересечения, также четко очерчены, как и в случае (а) (рис. 1). Неопределенность проявляется в той подобласти, которая является в информационно-структурном аспекте общей для ПрО-операндов, т.е. является результатом их пересечения (рис. 3).

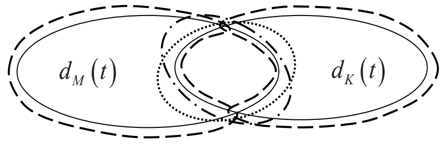

Рис. 3. Множество минимальных ПрО, полученных при объединении ПрО

Для того, чтобы выделить „независимые", несовпадающие подобласти ПрО-операндов, необходимо определить операцию разности предметных областей.

Операция разности предметных областей аналогична операции разности графов. Результатом вычитания $d_L = d_M - d_K$ ПрО d_K от ПрО d_M будем называть подобласть $S_L(M)$ ПрО d_M такую, что

$$\begin{aligned} &E(S_L(M)) = \\ &= \left\{e_i \middle| \left(e_i \in E(d_M) \,\&\, e_i \notin E(d_K)\right) \vee \left(A_M(e_i) \neq A_K(e_i)\right)\right\}, \quad (10) \\ &V(S_L(M)) = \left\{v_i \middle| v_i \in V(d_M) \,\&\, v_i \notin V(d_K)\right\}, \\ &P(S_L(M)) = \left\{P_i \middle| P_i \in P(d_M) \,\&\, P_i \notin P(d_K)\right\}, \end{aligned}$$

где $i = \overline{1,n}$, $n = \left|E(d_M) \cup E(d_K)\right|$.

Графическая интерпретация этой операции имеет вид (рис. 4).

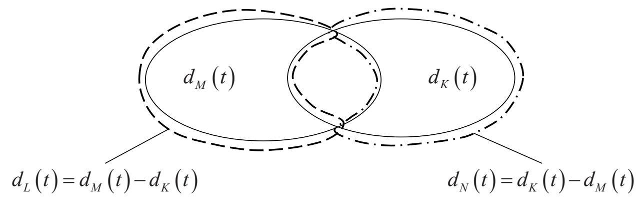

Рис. 4. Графическая интерпретация операции разности

Как было определено, операция $d_M(t) - d_K(t)$ выполняется в терминах элементов соответствующего ей набора. На основании этого операция объединения ПрО в части множеств массовых проблем примет следующий вид:

$$P(d_L) = \left(P(d_M) - P(d_K)\right) \cup \left(P(d_K) - P(d_M)\right) \cup P(d_N), \quad (11)$$

где $P(d_N) = P(d_M) \cap P(d_K) = \lim_{s\to\infty} \bigcap_{i=1}^{s} P_i(d_N)$,

$P_i(d_N)$ — множество массовых проблем i-й минимальной ПрО, полученной в результате пересечения ПрО-операндов.

Операция дополнения, в отличие от классической операции над графами, базируется на вероятностной информации о наличии проекций универсальных сущностей и связей между ними в различных ПрО [4].

При выделении или создании новой ПрО можно включить в неё проекцию некоторой универсальной сущности и определить вероятность ее связей с проекциями других сущностей.

Операция дополнения метамоделей ПрО ориентирована на определение „потерянных" проекций универсальной сущности на какие-либо ПрО.

Пусть в двух ПрО (или двух ПрПО) d_j и d_k выделены подобласти, описываемые подграфами $S_i(j)$ и $S_i(k)$. Можно предположить, что вершины (и ребра), которые приводят к нарушению изоморфизма этих подграфов, принадлежащих различным плоскостям, являются отсутствующими проекциями объектов (и их связей) на соответствующие ПрО. Причем вероятность наличия такой „потери" возрастает пропорционально количеству m плоскостей, в которых представлен подграф S_j, и степени r пропущенной в k-м подграфе вершины $e_i(k)$ в тех подграфах, где она представлена:

$$P\left(e_i(k) \neq \varnothing\right) = 1 - \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} r_j}, \quad (12)$$

где $P\left(e_i(k) \neq \varnothing\right)$ — вероятность наличия проекции i-й сущности на k-ю ПрО,

m — количество ПрО, содержащих непустую проекцию i-й сущности,

r_j — количество связей объекта j-й ПрО с другими объектами этой ПрО.

Для приведенных выше операций пересечения и объединения необходимо отметить, что универсальные сущности $e_i^n(D_q, A_q)$ и $e_i^k(D_s, A_s)$, полученные как результат операций объединения, могут содержать проекции на некоторые одинаковые ПрО. Т.е., их матрицы инцидентности могут содержать одинаковые строки. Если предположить, что формирование соответствующей проекции этой сущности выполнялось независимо разными аналитиками, то множества свойств (атрибутов) этой проекции могут несколько отличаться. Соответственно сроки матриц $e_i^n(D_q, A_q)$ и $e_i^k(D_s, A_s)$ будут подобны, а не одинаковы. С целью решения этой проблемы необходимо определить элементы результирующей матрицы инцидентности следующим образом:

$$e_i^r(D_j, A_j)[d_m, a_p] = e_i^n(D_q, A_q)[d_m, a_p] \vee e_i^k(D_s, A_s)[d_m, a_p]. \quad (13)$$

Это предоставит возможность не только корректно выполнить указанные операции, но и уточнить или расширить информацию о соответствующей универсальной сущности.

Если при развитии информационной системы нет необходимости рассматривать подобласти, которые создали ПрО, положенную в основу этой системы, то появляется возможность упростить соответствующую метамодель путем снижения ее уровня. Для этого над метамоделями универсальных сущностей, содержащихся в соответствующей ПрО, выполняется операция понижения порядка, похожая на операцию свертки OLAP-куба.

Результатом операции понижения порядка универсальной сущности r-го порядка $e_i^r(D_k, A_k)$ является универсальная сущность 1-го порядка $e_i(d_k, A_k)$, элементы матрицы инцидентности которой определяются выражением:

$$e_i^r(d_k, A_k)[d_m, a_p] = \bigvee_{d_j \in D_k} e_i^r(D_k, A_k)[d_j, a_p]. \quad (14)$$

И наконец, в предельном случае можно построить операцию абсолютного дополнения любой ПрО. Для этого необходимо ввести понятие универсальной ПрО, соответствующей моменту времени t.

ПрО $d_u(t)$, которую будем называть универсальной ПрО, представляется следующим набором:

$$(G(d_u(t)), V(d_u(t)), J(d_u(t))) \text{ или}$$

$$(G_u(t), V_u(t), J_u(t)), \quad (15)$$

где $G_u(t)$ — максимальная известная на сегодня часть реального мира.

Можно считать, что на момент времени t мы имеем информацию о множествах $H_u(t)$, $Q_u(t)$, $O_u(t)$, $P_u(t)$ и $V_u(t)$.

На основе понятия универсальной ПрО $d_u(t)$ и построенной операции разности можно определить операцию абсолютного дополнения для произвольной ПрО $d_M(t)$.

Абсолютное дополнение $d_L(t)$ определим соотношением

$$d_L(t) = (G_u(t) - G_M(t), V_u(t) - V_M(t), J_u(t) - J_M(t)). \quad (16)$$

Очевидно, что $d_L(t)$ представляет собой среду, в которую погружена или с которой взаимодействует ПрО $d_M(t)$ в момент времени t.

Выводы

Таким образом, с учетом [6], над множеством предметных областей построены операции пересечения, объединения, разности и абсолютного дополнения, которые обладают свойством замкнутости, т.е. их результаты снова принадлежат множеству всех ПрО.

Выполнение этих операций позволяет глубже исследовать процессы эволюции ПрО и, соответственно, найти основные принципы и законы самоорганизации ПрО. Это открывает путь к исследованию условий изменения топологической структуры ПрО.

Литература

1. Шлеер С. Объектно-Ориентированный анализ: моделирование мира в состояниях. / С. Шлеер, С. Меллор К.: Диалектика, 1993. 216 с.
2. Емельянов В.В. Теория и практика эволюционного моделирования / В.В. Емельянов, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик К.: Физматлит, 2003. 432 с.
3. Alexander I. F. Taxonomy of Stakeholders. Human Roles in System Development [text] // International Journal of Technology and Human Interaction, 2005. Vol 1, 1. P.P. 23-59.
4. Малахов Е.В. Представление объектов во множестве предметных областей [текст] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Харьков, 2006. Вып.2/2 (20). С.20-23.
5. Малахов Є.В. Виділення складноструктурованих предметних областей [текст] // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем управління організаційно-технологічними комплексами», Київ: НУХТ, 26-27 листопада 2009. – С. 79 – 80.
6. Малахов Е.В. Манипулирование метамоделями предметных областей [текст] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Харьков, 2007. Вып. 5/3(29). С. 6-10.