

22. Se, S. Vision based modeling and localization for planetary exploration rovers / S. Se, H. Ng, P. Jasiobedzki, T. Moyung // Proc. of 55th Intern. Astronautical Cong. 2004. P. 1–11.
23. Viola, P. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / P. Viola, M. Jones // Proc. of CVPR'01. 2001. Vol. 1. P. 511–518.
24. Koenderink, J. The structure of images / J. Koenderink // Biol. Cybernetics. 1984. Vol. 50. P. 363–370.
25. Lindeberg, T. Discrete Scale-Space Theory and the Scale-Space Primal Sketch : PhD thesis / T. Lindeberg. Stockholm, 1991.
26. Lindeberg, T. Real-time scale selection in hybrid multi-scale representations / T. Lindeberg, L. Bretzner // Proc. Scale-Space'03. 2003. P. 148–163.
27. Brown, M. Invariant features from interest point groups / M. Brown, D. Lowe // Proc. of BMVC. 2002. P. 656–665.
28. Engel E. A. Modified artificial neural network for information processing with the selection of essential connections : PhD thesis / E. A. Engel. Krasnoyarsk, 2004.
29. Cai, D. Learning a Spatially Smooth Subspace for Face Recognition / D. Cai, X. He, Y. Hu, J. Han, T. Huang // Proc. of CVPR'07. 2007. P. 1–8.

Е. А. Энгель

ОБРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ АЛГОРИТМАМИ

Основная проблема при построении системы распознавания образов – отыскание существенного набора свойств образа. Показано, что для распознавания объектов с высокой изменчивостью формы, таких как рукописные цифры и лица, целесообразно использовать модифицированную нейронную сеть с предварительной предобработкой изображения объекта детектором и дескриптором, инвариантных к масштабированию и повороту. Эксперименты подтверждают эффективность схемы детектор-дескриптор-модифицированная нейронная сеть в реальных приложениях.

Ключевые слова: распознавание образов, схема детектор-дескриптор-модифицированная нейронная сеть.

© Engel E. A., 2009

УДК 519.87

А. А. Городилов

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКИХ СТРУКТУР ДАННЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Рассмотрены вопросы хранения информации в динамических структурах данных как наиболее эффективным и адаптивным к изменениям самих структур способе их организации. Рассмотрена математическая модель, описывающая структуру и взаимосвязи данных предметной области, используя динамические структуры данных.

Ключевые слова: математические модели, информационные системы, разработка, динамические структуры данных.

В настоящее время происходит массовое внедрение автоматизированных информационных систем (АИС) обработки данных в различных организациях, что связано с ужесточением требований к оперативности и качеству обрабатываемой информации и увеличением объемов информации, которую им нужно обрабатывать. Также в настоящее время происходят различные изменения в бизнес-процессах организаций, законодательстве, документообороте и др.

При поддержке АИС, разработанных согласно стандартным принципам и нацеленным на удовлетворение текущих потребностей автоматизации, в подобных условиях возникает множество проблем, таких как необходимость постоянной адаптации АИС к изменяющимся ус-

ловиям, высокая стоимость поддержки АИС (40...100 % от первоначальной стоимости в год), потеря собранных данных в связи с изменениями документов.

Эти проблемы возможно решить, создавая АИС, использующие динамические структуры данных (АИСДСД) [1], характеризующиеся возможностью гибкой перестройки структуры без потерь существующей информации.

Динамические структуры данных характеризуются отсутствием физической смежности элементов в памяти, а их логическая структура не связана с последовательностью размещения на физическом уровне, непостоянством и непредсказуемостью размера (числа элементов) структуры в процессе ее обработки. Для установления связи между элементами структуры используются ука-

затели, через которые устанавливаются явные связи между справочниками. Такое представление данных в памяти называется связным. Как правило, элемент динамической структуры состоит из двух видов полей. Это поля данных, содержащие данные, ради которых и создается структура; поля связей, содержащие указатели, связывающие данный элемент с другими элементами структуры.

Существуют следующие виды динамических структур данных:

- список – упорядоченное множество, состоящее из переменного числа элементов;
- граф – сложная нелинейная многосвязная структура, характеризующаяся множеством связей между элементами;
- дерево – связанный ациклический граф (т. е. граф, в котором нет циклов) [2].

Использование динамических структур данных требует создания структурных математических моделей, описывающих структуру хранения данных предметной области, позволяющих изучить взаимосвязи между данными и наглядно их отобразить.

Структурная математическая модель динамических данных. Анализ данных предметной области выявил необходимость выделения следующих категорий информации [3]:

- «Фактографические данные» – данные об основной деятельности организации, описывают события и связанные с ними показатели, в данном случае это отчеты различных форм;
- «Справочные данные» – данные, описывающие внутренние или внешние сущности по отношению к организации и участвующие в транзакциях в качестве контекстной информации;
- «Показатели» – количественные характеристики внутренних или внешних сущностей;
- «Модель метаданных» – совокупность структур, хранящих все виды категорий информации в БД.

Для хранения данных предметной области в АИСДСД необходимо синтезировать структурную математическую модель метаданных, имеющую следующий вид:

$$M_{fd} = F(M_p, M_s),$$

где M_{fd} – модель фактографических данных; F – отображение фактографических данных на модели показателей и справочников; M_p – модель показателей; M_s – модель справочников.

Модель показателей можно представить в виде двух поэлементно связанных деревьев (рис. 1), первое дерево содержит категории показателей T_{pcat} , каждому элементу этого дерева можно присоединить дерево показателей, т. е. все элементы дерева показателей будут иметь ссылку на элемент дерева категорий показателей:

$$T_{pcat} = (X_{pcat}, \Gamma_{pcat}),$$

где X_{pcat} – множество категорий показателей; Γ_{pcat} – ребра дерева категорий показателей.

Каждый элемент множества категорий показателей $x_{pcat} \in X_{pcat}$ определяется следующим образом:

$$x_{pcat} = (xName, \Gamma_{pcat}^{-1} x_{pcat}, T_p),$$

где $xName$ – название категории; $\Gamma_{pcat}^{-1} x_{pcat}$ – родительская категория; T_p – дерево показателей.

Дерево показателей T_p можно определить следующим образом:

$$T_p = (X_p, \Gamma_p),$$

где X_p – множество показателей; Γ_p – ребра дерева показателей.

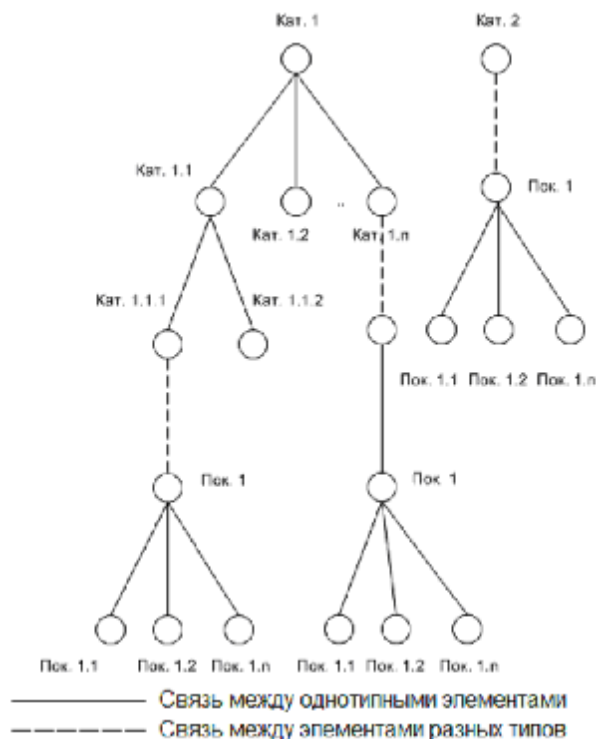


Рис. 1. Модель показателей

Каждый элемент множества показателей $x_p \in X_p$ определяется следующим образом:

$$x_p = (xName, x_{pcat}, xType, \Gamma_p^{-1} x_p), \quad (1)$$

где $xName$ – название показателя; x_{pcat} – категория показателя; $xType$ – тип показателя; $\Gamma_p^{-1} x_p$ – родитель показателя.

Модель справочников M_s представляет собой дерево категорий справочников (Кат.), к каждому элементу которого может быть присоединено подмножество элементов ориентированного графа взаимосвязанных справочников (Спр.) (рис. 2):

$$M_s = (S_{scat}, \Gamma_{scat}),$$

где S_{scat} – множество категорий справочников; Γ_{scat} – ребра графа категорий справочников.

Каждая сущность множества категорий справочников $s_{scat} \in S_{scat}$ определяется следующим образом:

$$s_{scat} = (sName, \Gamma_{scat}^{-1} s_{scat}, S_{ref}),$$

где $sName$ – название категории справочника; $\Gamma_{scat}^{-1} s_{scat}$ – родительская категория справочника, S_{ref} – подмножество взаимосвязанных справочников.

Граф взаимосвязанных справочников определяется так:

$$G_{ref} = (S_{ref}, \Gamma_{ref}),$$

где S_{ref} – множество справочников; Γ_{ref} – ребра графа справочников.

Каждая сущность множества справочников $s_{ref} \in S_{ref}$ определяется следующим образом:

$$s_{ref} = (srName, s_{scat}, S_f, S_{val}, S_{fref}, S_{rec}, L_{ref}, L_{refrec}), \quad (2)$$

где $srName$ – название справочника; s_{scat} – категория справочника; S_f – множество полей справочника; S_{val} – множество значений справочника; S_{fref} – множество подстановочных полей справочника, значения которых берутся из других справочников; S_{rec} – множество записей справочника; L_{ref} – множество связей между справочниками; L_{refrec} – множество связей между записями справочника.

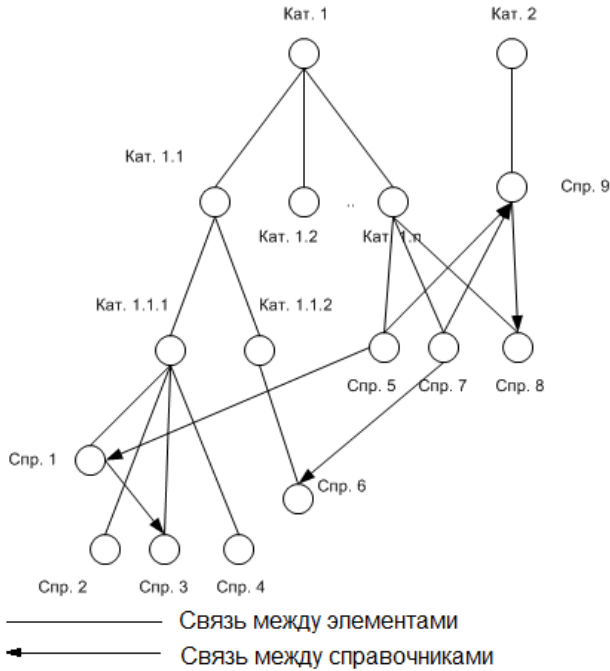


Рис. 2. Модель справочников

Каждая сущность множества полей справочника $s_f \in S_f$ определяется следующим образом:

$$s_f = (fName, s_{ref}, fieldType),$$

где $fName$ – название поля; s_{ref} – справочник, которому принадлежит поле; $fieldType$ – тип поля.

Каждая сущность множества записей справочника $s_{rec} \in S_{rec}$ определяется следующим образом:

$$s_{rec} = (recnum, s_{ref}),$$

где $recnum$ – номер записи; s_{ref} – справочник которому принадлежит запись.

Каждая сущность множества значений справочника $s_{val} \in S_{val}$ определяется следующим образом:

$$s_{val} = (value, s_f, s_{rec}), \quad (3)$$

где $value$ – значение справочника; s_f – поле справочника, к которому относится значение; s_{rec} – запись справочника, к которому относится значение.

Связи между справочниками определяются множеством L_{ref} , каждый элемент $l_{ref} \in L_{ref}$ определяется следующим образом:

$$l_{ref} = (s_{refch}, s_{refpar}, s_f),$$

где s_{refch} – дочерний справочник; s_{refpar} – родительский справочник; s_f – поле связи справочника, отображаемое в дочернем справочнике.

Каждая сущность множества подстановочных полей справочника $s_{fref} \in S_{fref}$ определяется следующим образом:

$$s_{fref} = (frefName, s_{refpar}, s_{refch}, l_{ref}),$$

где $frefName$ – название поля; s_{refpar} – справочник, которому принадлежит подстановочное поле; s_{refch} – справочник, в котором отображается подстановочное поле; l_{ref} – связь, согласно которой происходит подстановка значения справочника.

Связи между записями справочников определяются множеством L_{refrec} , каждый элемент $l_{refrec} \in L_{refrec}$ определяется следующим образом:

$$l_{refrec} = (l_{ref}, s_{recpar}, s_{recch}),$$

где s_{refch} – запись дочернего справочника; s_{recpar} – запись родительского справочника; l_{ref} – связь между справочниками.

Отображение фактографических данных на моделях показателей и справочных данных. Отображение фактографических данных на моделях показателей и справочных данных в общем случае представляет собой структуру связей между фактографическими данными, показателями и значениями справочников (рис. 3), являющимися множествами X_p и S_{val} . Множества X_p и S_{val} являются

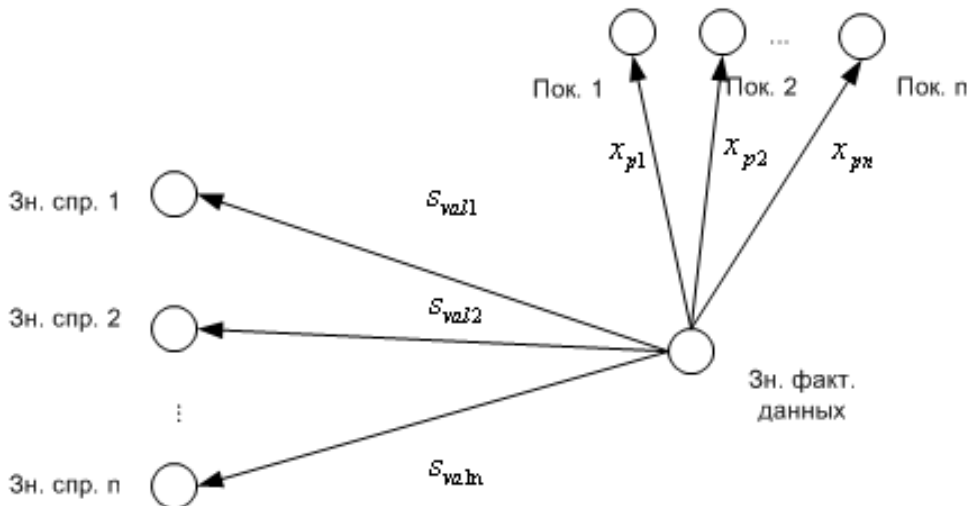


Рис. 3. Отображение фактографических данных

упорядоченными совокупностями показателей и значений справочников, с которыми связаны фактографические данные.

Отображение фактографических данных можно представить в виде вектора s_{fval}

$$s_{fval} = (value, X_p, S_{val}), \quad (4)$$

где $value$ – значение фактографического данного; X_p – множество показателей, определенных в формуле (1); S_{val} – множество значений справочников, определенных в формуле (3).

Структурная модель фактографических данных является следствием выявленных структур показателей и справочников и их взаимосвязей, определенных в формуле (4), с учетом вхождения выявленных структур в качестве элементов других структур фактографического документа.

Этот подход проиллюстрируем примером шаблона документа, состоящего из одного справочника и одного дерева показателей (рис. 4).

Сначала необходимо определить структуру фактографического документа в виде вектора

$$d = (dName, S_{leftref}, T_{pr}, S_{fval}),$$

где $dName$ – название документа; $S_{leftref}$ – множество значений справочника; T_{pr} – дерево показателей; S_{fval} – множество значений документа.

Каждый элемент множества значений справочников в левой части отчета $s_{leftref} \in S_{leftref}$ определяется следующим образом:

$$s_{leftref} = (d, s_{val}),$$

где d – документ, к которому принадлежит множество; s_{val} – значение справочника определенное в формуле (3).

Дерево показателей можно представить следующим образом:

$$T_{pr} = (X_{pr}, \Gamma_{pr}),$$

где X_{pr} – множество показателей; Γ_{pr} – ребра дерева показателей.

Каждый элемент множества показателей $x_{pr} \in X_{pr}$ определяется следующим образом:

$$x_p = (x_p, \Gamma_{pr}^{-1}x_{pr}, d),$$

где x_p – показатель, определенный в формуле (1); $\Gamma_{pr}^{-1}x_{pr}$ – родительский элемент в дереве показателей; d – документ, к которому принадлежит элементы дерева показателей.

Теперь необходимо определить структуру каждого элемента множества значений фактографических данных документа $s_{val} \in S_{val}$:

$$s_{val} = (value, x_p, s_{val}),$$

где $value$ – значение фактографического данного; x_p – показатель; s_{val} – значение справочника.

Согласно шаблону (см. рис. 4) можно создать документ, имеющий следующий вид (см. таблицу).

Документы, созданные на основании данного шаблона, могут иметь любое количество столбцов и строк.

Использование модели M_{fd} для описания структуры отчетов в АИС «Профобразование». В АИС «Профобразование» фактографическими данными являются отчеты, которые состоят из таблиц (рис. 5).

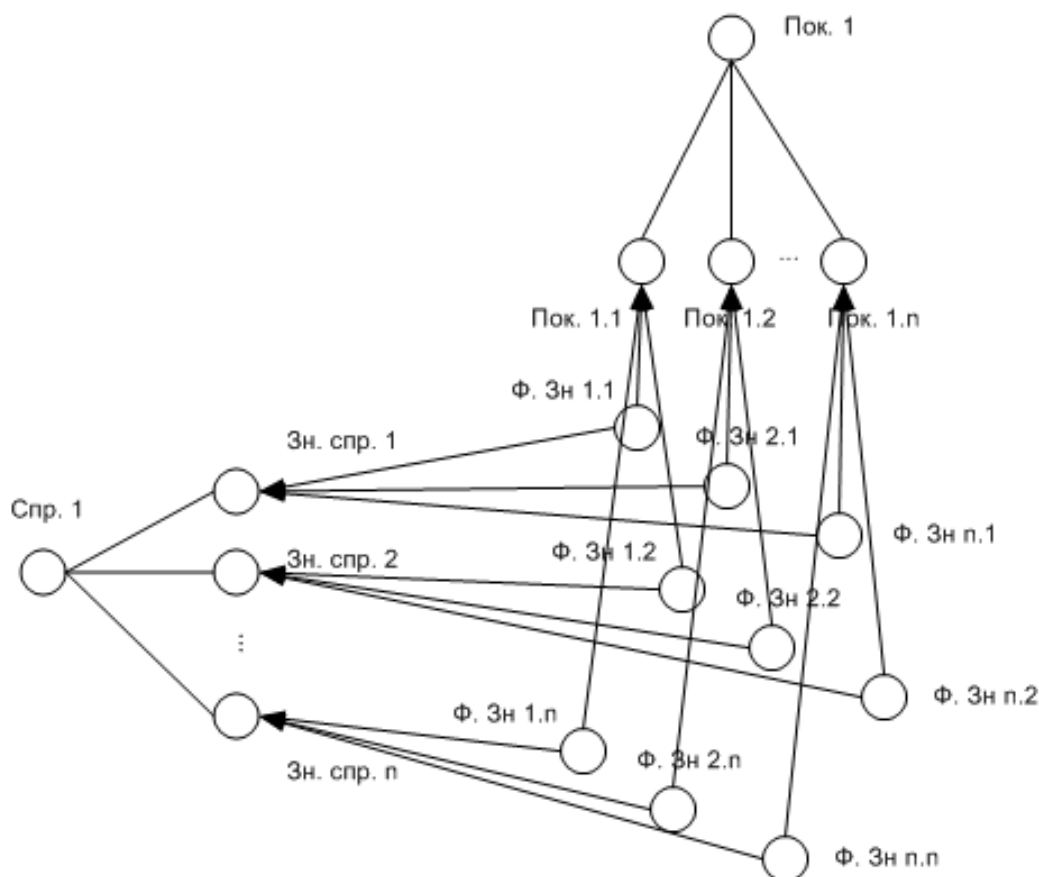


Рис. 4. Структурная модель документа, состоящего из одного справочника и одного дерева показателей

Таблица определяется следующим образом:

$$s_t = (xtName, S_{pleft}, T_{pright}, S_{oval}),$$

где $xtName$ – название таблицы отчета; S_{pleft} – множество показателей в левой части отчета; T_{pright} – дерево показателей в правой части отчета; S_{oval} – множество значений отчета.

Каждый элемент множества показателей в левой части отчета $s_{pleft} \in S_{pleft}$ определяется следующим образом:

$$s_{pleft} = (xpleftName, x_p, s_t, T_{ref}),$$

где $xpleftName$ – отображаемое название показателя; x_p – показатель, определенный в формуле (1); s_t – таблица отчета; T_{ref} – дерево значений справочников, присоединенное к показателю.

Дерево значений справочников можно представить следующим образом:

$$T_{ref} = (X_{ref}, \Gamma_{ref}),$$

где X_{ref} – множество значений справочников; Γ_{ref} – ребра дерева значений справочников.

Каждый элемент множества значений справочников, присоединенных к показателю $x_{ref} \in X_{ref}$, определяется следующим образом:

$$x_{ref} = (s_{val}, \Gamma_{ref}^{-1}x_{ref}, s_{pleft}),$$

где s_{val} – значение справочника, определенное в формуле (3); $\Gamma_{ref}^{-1}x_{ref}$ – родительское значение справочника, s_{pleft} – показатель, к которому прикреплен справочник.

Дерево показателей в правой части отчета можно представить следующим образом:

$$T_{pright} = (X_{pright}, \Gamma_{pright}),$$

где X_{pright} – множество показателей в правой части отчета; Γ_{pright} – ребра дерева показателей в правой части отчета.

Каждый элемент множества показателей в правой части отчета $x_{pright} \in X_{pright}$ определяется следующим образом:

$$x_{pright} = (xprightName, x_p, \Gamma_{pright}^{-1}x_{pright}, S_{refleft}),$$

где $xprightName$ – отображаемое название показателя; x_p – показатель, определенный в формуле (1); $\Gamma_{pright}^{-1}x_{pright}$ – родительский показатель; $S_{refleft}$ – множество значений справочника прикрепленных к показателю.

Каждый элемент множества значений справочника, прикрепленных к показателю $s_{refleft} \in S_{refleft}$, определяется следующим образом:

$$s_{refleft} = (s_{val}, x_{pright}, s_{ref}),$$

где s_{val} – значение справочника определенное в формуле (3); x_{pright} – показатель, к которому прикреплено значение справочника; s_{ref} – справочник, значение которого прикреплено к показателю, определено в формуле (2).

Каждый элемент множества значений отчета $s_{oval} \in S_{oval}$ определяется следующим образом:

$$s_{oval} = (xValue, s_{pleft}, x_{ref}, x_{pright}, s_{refleft}),$$

где $xValue$ – значение отчета; s_{pleft} – показатель в левой части отчета; x_{ref} – значение справочника в левой части отчета; x_{pright} – показатель в правой части отчета; $s_{refleft}$ – значение справочника, прикрепленного к показателю в правой части отчета.

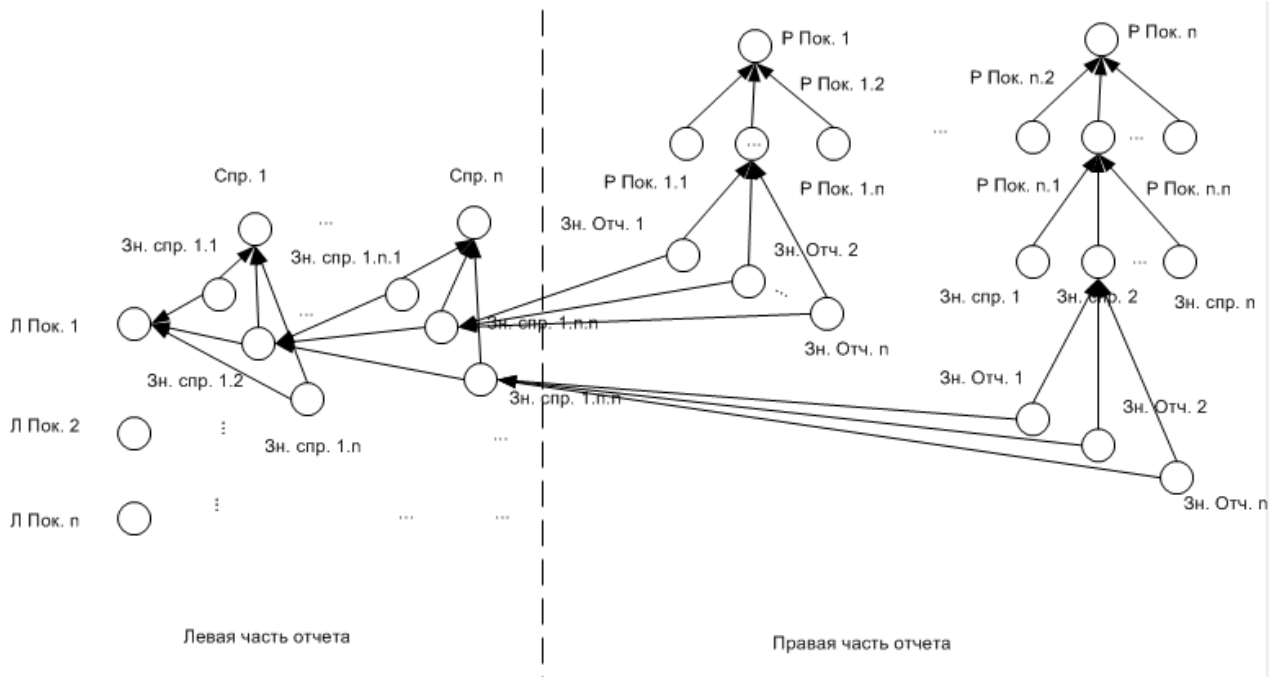


Рис. 5. Модель таблицы отчета АИС «Профобразование»

Пример документа, состоящего из одного справочника и одного дерева показателей

Специальность	Поступило	В том числе			...
		Вновь зачислено	Переведено из других учебных заведений	Возвратилось из числа ранее отчисленных	
220 305	10	6	2	2	...
220 408	16	10	3	3	...
...	...	...	...	...	...

Представление объектов предметной области с помощью динамических структур данных позволило создать гибкую и адаптируемую структурную математическую модель и логическую структуру БД, позволяющую создавать документы, имеющую структуру, необходимую пользователю системы.

Возможность и эффективность практического применения предлагаемых методов к проектированию АИСДСД апробирована на системе АИС «Профобразование», функционирующей в Красноярском крае, свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ [4–11].

Библиографический список

1. Полтавцев, М. А. Применение реляционных схем хранения слабоструктурированных данных в задачах автоматизации управленческой деятельностью / М. А. Полтавцев // Становление и развитие системы управления в России : сб. ст. Вып. 1 / Коми респ. акад. гос. службы и управления. Сыктывкар, 2007. С. 112–116.
2. Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари. М. : Мир, 1973. 293 с.
3. Шовкун, А. В. Построение корпоративной информационно-аналитической системы в условиях постоянно изменяющегося бизнеса / А. В. Шовкун // Науч.-техн. информ. Сер. 1. ВИНТИ, 2004. № 9. С. 1–6.
4. Программный модуль сбора данных автоматизированной информационной системы «Профобразование» : программа для ЭВМ. М., 2008. Зарегистрировано Федер. службой по интелект. собственности, патента и товарным знаком (Роспатент), № 2008613979.

5. Программный модуль формирования отчетов и печатных форм автоматизированной информационной системы «Профобразование» : программа для ЭВМ. М., 2008. Зарегистрировано в Роспатенте, № 2008613980.

6. Программный модуль формирования сводных отчетов автоматизированной информационной системы «Профобразование» : программа для ЭВМ. М., 2008. Зарегистрировано в Роспатенте, № 2008613981.

7. Программный модуль ведения справочников автоматизированной информационной системы «Профобразование» : программа для ЭВМ. М., 2008. Зарегистрировано в Роспатенте, № 2008615820.

8. Программный модуль авторизации автоматизированной информационной системы «Профобразование» : программа для ЭВМ. М., 2008. Зарегистрировано Федер. службой по интелект. собственности, патентом и товарным знаком (Роспатент), № 2008615821.

9. Программный модуль ведения показателей автоматизированной информационной системы «Профобразование» : программа для ЭВМ. М., 2008. Зарегистрировано в Роспатенте, № 2008615828.

10. Программный модуль импорта данных автоматизированной информационной системы «Профобразование» : программа для ЭВМ. М., 2009. Зарегистрировано в Роспатенте, № 2009610028.

11. Программный модуль подготовки базы данных автоматизированной информационной системы «Профобразование» : программа для ЭВМ. М., 2009. Зарегистрировано в Роспатенте, № 2009610029.

A. A. Gorodilov

MATHEMATICAL MODEL OF DYNAMIC STRUCTURES OF THE DATA OF THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM

In the paper problems of the information storage in dynamic structures of the data, as the most effective and adaptive to structure changes, a way of their organization are considered. The mathematical model describing structure and data interrelations of a subject domain using dynamic data structures is considered.

Keywords: mathematical models, informational system, development, dynamic data structure.

© Городилов А. А., 2009