

УДК 025.4.03

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ЗАПОЛНЕНИЕ МАТРИЦЫ ПРОЕКТА НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ

© 2012 Н.М. Боргест, Д.В. Шустова, С.Р. Гиматдинова

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 17.10.2012

В статье описано применение мультиагентных технологий для поддержки процессов принятия решений при проектировании самолета. Предлагается онтологическая модель для реализации поэтапного проектирования пассажирского самолёта путём автоматизированного заполнения матрицы проекта с использованием мультиагентной системы Magenta.

Ключевые слова: онтология предметной области, самолёт, автоматизированное проектирование, дескриптивная онтология, техническое задание, матрица проекта, матчинг.

Подход к решению задачи оперативной обработки информации в процессах принятия решений может быть основан на применении мультиагентных технологий. Мультиагентная технология – это программная технология, которая предназначена для поддержки принятия решений в сложном и быстро меняющемся мире [1-7]. Решаемые задачи отличает априорная неопределенность и высокая динамика, наличие многих взаимосвязей и взаимозависимостей, высокая вычислительная сложность, необходимость учета множества индивидуальных факторов, нелинейность поведения, зависимость решения от истории процессов и т.п. Предметная область определяется как часть реального мира, рассматриваемая в пределах определённого контекста, задающего область деятельности предприятия, конкретного специалиста, область исследования и т.д. [5].

В работе в качестве предметной области рассмотрена область «Проектирование самолёта» и поставлена задача автоматизации в данной области. В качестве решения разработана онтологическая модель, представляющая собой поэтапное заполнение матрицы проекта. Моделирование осуществляется в мультиагентной системе Magenta [7]. Рассмотрены проектные процедуры по подбору в базе данных самолетов-прототипов, отвечающих заданным тактико-техническим требованиям для проектируемого самолета, выбору удельной нагрузки на крыло и потребной тяго-

вооружённости самолёта, подбору в базе данных соответствующего двигателя на основании заданных требований к двигателю проектируемого самолета по тяге, удельному расходу топлива и массе [1-2]. Предлагаемая онтологическая модель, представляющая собой объединение вышеупомянутых этапов проектирования в одну онтологию, повышает скорость проектирования и снижает его трудоёмкость.

Для реализации предложенного интегрирования была создана дескриптивная онтология, предназначенная для описания предметной области и оперирующая такими понятиями, как объект, атрибут, скрипт [1] и онтология мира заказов и ресурсов (онтология виртуального мира).

Предметная область «Проектирование самолёта» содержит три сущности, присутствующие в мире, описанном в онтологии: объект проектируемого самолёта (*Project_Plane*), объект самолёта-прототипа из базы данных (*BD_Plane*) и объект двигателя из базы данных (*Engine*).

Каждый из объектов имеет необходимые атрибуты. Атрибут - характеристика концепта, которая используется для его уточнения [1]. Они бывают качественные (например, «эффективная механизация») и количественные («количество пассажиров», «относительная масса топлива»). Например, объект *проектируемый самолёт* имеет атрибуты: требуемая или расчетная дальность полета, количество пассажиров, минимальное и максимальное значение этих величин или допустимый процент отклонений их от расчетных значений; объект *самолёт-прототип* – атрибуты, характеризующие его лётные характеристики (например, дальность полёта, высота полёта, удельная нагрузка на крыло при заходе на посадку и т.п.) и технические характеристики (тип самолета, количество пассажиров, масса самолета, масса двигателя и т.д.). Для объекта *двигатель*

Боргест Николай Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ. E-mail: borgest@yandex.ru
Шустова Дина Владимировна, аспирантка кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов СГАУ. E-mail: ShustovaDV@yandex.ru
Гиматдинова Светлана Рашитовна, студентка СГАУ. E-mail: rashitta@mail.ru

самолёта-прототипа созданы атрибуты: название двигателя, тяга двигателя, удельный расход топлива двигателя, масса двигателя.

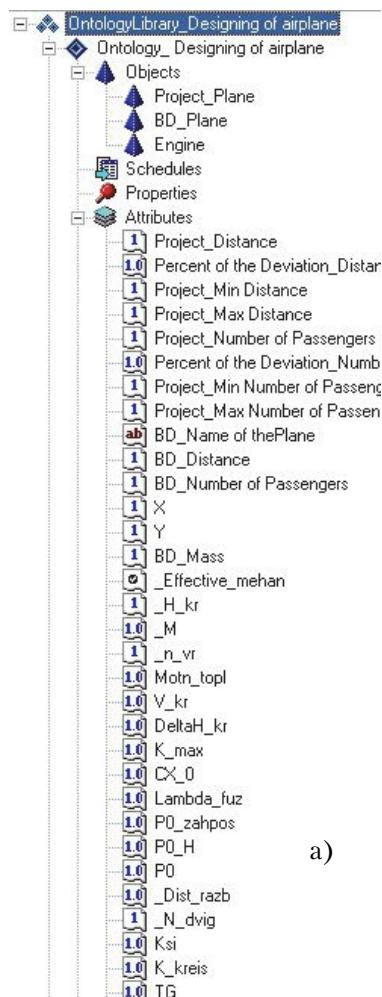
Значения некоторых атрибутов рассчитываются при помощи скриптов - определённых правил или алгоритмов расчета, записанных на языке программирования [4]. В конструкторе онтологий для написания скриптов используется подмножество языка Object Pascal. На рис. 1 показан пример расчёта максимально аэродинамического качества с помощью скрипта (*K_max Calculate*), используемого в предложенной модели поэтапного проектирования пассажирского самолёта.

Дескриптивная онтология может быть представлена не только в виде дерева концептов (рис. 2, a), но также в виде семантической сети (рис. 2, б), представляющей собой ориентированный граф, в котором вершинами являются концепты онтологии (все они связаны между собой), а ребрами показаны связи между ними.

В отличие от традиционных систем, в которых решение находят с помощью централизованных, последовательных и детерминированных алгоритмов, в мультиагентной системе решение достигается в результате распределённого взаимодействия множества агентов. Агентом считает-

ся все, что действует (слово агент произошло от латинского слова *agere* – действовать) [6]. Но предполагается, что компьютерные агенты обладают некоторыми другими атрибутами, которые отличают их от обычных «программ», такими как способность функционировать под автономным управлением, воспринимать свою среду, существовать в течение продолжительного периода времени, адаптироваться к изменениям и обладать способностью взять на себя достижение целей, поставленных другими [5]. Агенты нацелены на поиск наилучшего из возможных решений на каждый момент времени. Если найденный агентом лучший вариант уже забронирован другим агентом, агенты оказываются способны выявить конфликт и разрешить его путём переговоров, в ходе которых достигается компромисс, отражающий временное, и, как правило, неустойчивое равновесие (баланс) их интересов [1, 4].

В предложенной модели автоматизации проектирования самолёта для получения онтологии мира заказов и ресурсов создан концепт «агент заказа» для концепта «проектируемый самолёт» (*Project_Plane Demand*), «агент заказа» для концепта «самолёт-прототип» (*BD_Plane Demand*) и два «агента ресурса» для концептов «самолёт-



```

Used concepts: CX_0
begin
  result := 1 / ( 0.43 * sqrt("CX_0") ) + 1;
end;

```

Рис. 1. Атрибуты и тело скрипта *K_max Calculate*

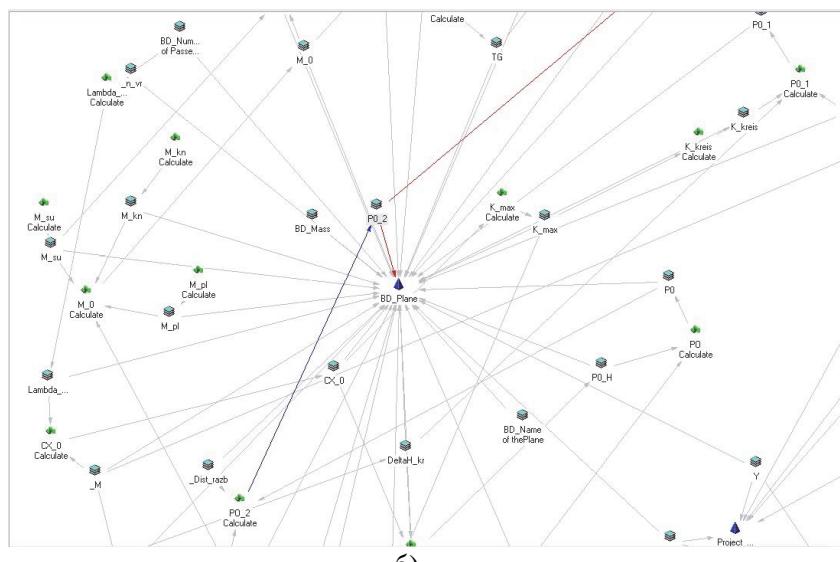


Рис. 2. Представление онтологии предметной области
«Проектирование самолёта»:

a – в виде дерева концептов дескриптивной онтологии;
б - в виде семантической сети

прототип» и «двигатель» (*BD_Plane Resource* и *Engine Resource* соответственно). Для заполнения матрицы проекта пассажирского самолёта реализован матчинг (процесс взаимодействия между агентами), состоящий из двух этапов [2], один из которых – это двусторонний матчинг между проектируемым самолётом и самолётами – прототипами из базы данных. В результате произведён выбор лучшего самолёта–прототипа из представленных в базе данных в соответствии с техническим заданием на проектирование. Второй этап – это односторонний матчинг между выбранным прототипом и двигателями базы данных. После его реализации для лучшего прототипа подобран наиболее подходящий двигатель. На процесс матчинга как в первом случае, так и во втором наложены условия двух видов:

- условия матчинга, которые фактически представляют собой ограничения, согласно которым из всего множества агентов, потенциально участвующих в матчинге, выбираются только те агенты, чьи атрибуты находятся в заданных пределах;

- условия принятия решения, предназначенные для работы машины принятия решений, позволяют агенту выбрать одно из множества возможных предложений (матчингов). Для условия принятия решения необходимо определить атрибут условия, направление оптимизации (макси-

мум/минимум) и весовой коэффициент, определяющий «значимость» данного условия.

Онтологическая сцена - модель реальной ситуации, которая обрабатывается системой (рис. 3). Сцена содержит экземпляры всех заказов и ресурсов, участвующих в моделируемом процессе, и отношения между ними.

В предложенной онтологической модели поэтапного проектирования самолёта в окне физического мира созданы базы данных самолётов-прототипов и двигателей. С помощью инспектора агентов установлены указанные в табл. 1 значения атрибутов для агента проектируемого самолета для десяти агентов самолетов-прототипов (табл. 2) и для десяти двигателей-прототипов в базе данных (табл. 3).

На рис. 4 в окне виртуального мира показан процесс двойного матчинга между рассмотренными сущностями.

В разработанной модели автоматизированного заполнения матрицы проекта процесс двустороннего матчинга начинается с того, что агент проекта со своей стороны проверяет значения атрибутов агентов самолетов-прототипов и выбирает агентов, у которых значения атрибутов соответствуют ограничениям на минимально и максимально допустимые значения дальности полета и количества пассажиров. Из рисунка видно, что матчинг прошёл со всеми, кроме самоле-

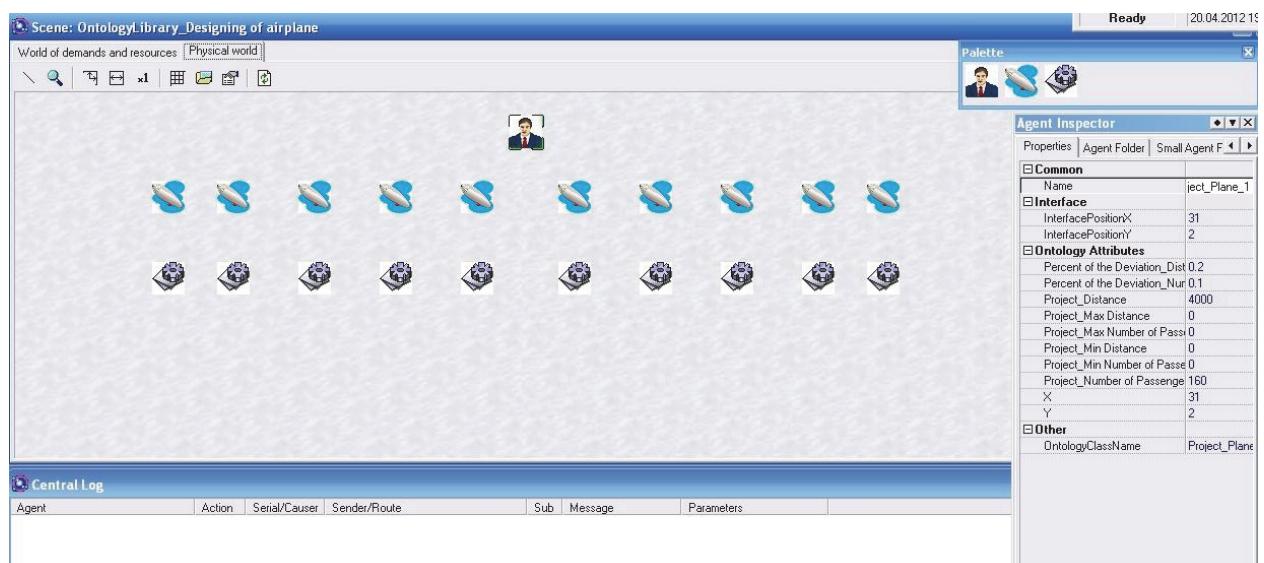


Рис. 3. Создание онтологической сцены предметной области «Проектирование самолета»

Таблица 1. Значения атрибутов для агента проектируемого самолёта

Дальность расчетная	4000
Количество пассажиров	160
Допустимый процент отклонений от требуемой дальности	0.2
Допустимый процент отклонений от требуемого количества пассажиров	0.1

Таблица 2. Значения атрибутов для агентов самолёта-прототипа

Имя агента	Тип самолета	Высота полета, м	Эффект ивной механизации крыла: да/нет	Длина разбега по ВПП, м	Число Маха	Количество двигателей	Дальность полета, км	Количество пассажиров	Количество пассажиров в ряду	Взлетная масса, кг
BD_Plane_1	B-727-200	12192	+	1770	0,9	2	4020	189	6	95030
BD_Plane_2	Ty-204-100	12100	+	2150	0,78	3	4500	165	6	103000
BD_Plane_3	A-320-100	11800	+	2000	0,78	2	3890	175	6	70000
BD_Plane_4	A-320-200	11800	+	2090	0,88	3	4800	175	6	77000
BD_Plane_5	MD-90	11300	+	2160	0,76	3	4200	172	5	70700
BD_Plane_6	Ил-86	11000	-	2800	0,88	4	3600	350	9	208000
BD_Plane_7	Ty-214	12500	+	2050	0,77	3	4340	168	6	110750
BD_Plane_8	MD-82	11300	+	2270	0,78	2	3800	172	5	67800
BD_Plane_9	MD-83	11300	+	2550	0,78	2	4640	172	5	72600
BD_Plane_10	Ty-104	11500	-	1900	0,7	2	2750	100	5	78100

Таблица 3. Значения атрибутов для агентов двигателя

Имя агента	Тип двигателя	С уд кр баз	М об баз, кг	Р0 баз
Engine_1	Д-30КУ-154 1сер	0,71	2675	10500
Engine_2	Д-30КУ 2сер	0,7	2690	11000
Engine_3	Д-110 (пр.)	0,52	3600	22000
Engine_4	НК-56	0,625	3340	18000
Engine_5	НК-108 (пр.)	0,44	3600	18000
Engine_6	НК-63 (пр.)	0,535	5450	30000
Engine_7	Д-18Т	0,57	4100	23430
Engine_8	Д-100 (пр.)	0,544	3500	19000
Engine_9	НК-8-2	0,79	2150	9500
Engine_10	РД36-51	1,23	4200	21000

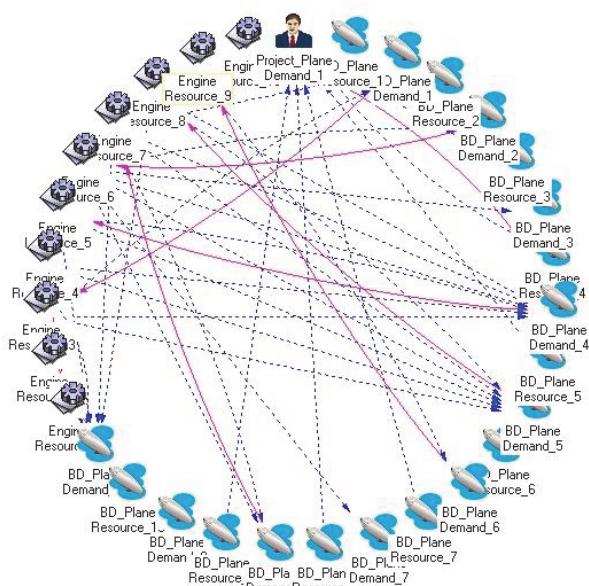


Рис. 4. Процесс матчинга

тов-прототипов под номерами 1, 6 (не соответствуют ограничениям по количеству пассажиров) и 10 (не отвечает ограничениям ни по дальности, ни по количеству пассажиров). В свою очередь агенты самолетов-прототипов

взаимодействовали с агентом проектируемого самолета с целью проведения расчетов основных аэродинамических, массовых и иных параметров, необходимых для проектирования.

Агент проекта построил таблицу принятия решений, в которой разместил прототипы по убыванию дальности полета (BD_Distance), с указанием значений максимального аэродинамического качества (K_{max}), потребной тяговооруженности ($P0_{max}$), потребной взлетной тяги двигателя (P_0) и по возрастанию взлетной массы самолета, удельной нагрузки на крыло, удельного расхода топлива двигателя на крейсерском режиме, массы двигателя (рис.5) и выбрал из таблицы лучший самолет-прототип под номером 4. Также рассчитаны основные параметры для лучшего прототипа (рис. 6).

Объект самолёта-прототипа являлся в предложенном решении задачи автоматизированного заполнения матрицы проекта как ресурсом (в процессе двустороннего матчинга), так и инициатором матчинга (по отношению к двигателям в базе данных). В окне физического мира агенты самолетов-прототипов созданы единожды, а в окне виртуального мира они автоматически дуб-

Agent	BD_Distance	BD_Mass	P0	K_max	P0_max	P_0	C_kr	M_dvig
BD_Plane Res...	4800	77000	565.3415897...	16.74034544...	0.272787060...	17412	1.097494814...	5515
BD_Plane Res...	4640	72600	592.0442438...	16.19949755...	0.321	42451	1.029444338...	11426
BD_Plane Res...	4500	103000	506.9622219...	16.9513521...	0.291549322...	23549	1.043815048...	6979
BD_Plane Res...	4340	110750	449.3374328...	16.93475149...	0.312892006...	23480	1.005036064...	6484
BD_Plane Res...	4200	70700	567.0475997...	16.22196541...	0.271823696...	17676	0.930670935...	5618
BD_Plane Res...	3890	70000	523.4939508...	16.85599979...	0.321	23976	0.959496628...	6426
BD_Plane Res...	3600	67800	532.2260836...	16.19949795...	0.321	22258	0.041263956...	5991

Рис. 5. Таблица принятия решений агента проектируемого самолёта

Partner	Status	Name	Value	State	Type
BD_Plane Resource_4	Accept	Project_Min Number of P...	144	Assigned	Scripted
		Percent of the Deviation...	0.1	Assigned	Simple
		Project_Number of Passen...	160	Assigned	Simple
		Project_Max Number of ...	176	Assigned	Scripted
		Project_Min Distance	3200	Assigned	Scripted
		Percent of the Deviation...	0.2	Assigned	Simple
		Project_Distance	4000	Assigned	Simple
		Project_Max Distance	4800	Assigned	Scripted
		BD_Distance	4800	Assigned	Partner
		BD_Mass	77000	Assigned	Partner
		P0	565.341589700463	Assigned	Partner
		K_max	16.7403454421527	Assigned	Partner
		P0_max	0.27278706047552	Assigned	Partner
		P_0	17412	Assigned	Partner
		C_kr	1.09749481454065	Assigned	Partner
		M_dvig	5515	Assigned	Partner

Рис. 6. Структура агента проектируемого самолёта

лировались под одинаковыми номерами, выполняя сразу две роли в сцене.

В процессе одностороннего матчинга *BD_Plane Demand – Engine Resource* активный агент прототипа запустил скрипты, необходимые для вычисления значений атрибутов. Процесс матчинга начался с того, что каждый агент прототипа проверял значения атрибутов агентов двигателей-прототипов в

базе данных и выбирал агентов, у которых значения атрибутов соответствуют установленным ограничениям (по тяге двигателя, удельному расходу топлива двигателя и его массе).

На рис. 7 в таблице принятия решений показаны двигатели по возрастанию удельного расхода топлива (*BD_C_kr*) и массы двигателя (*BD_M_dvig*), а на рис. 8 показаны рассчитан-

Agent	BD_C_kr	BD_M_dvig
Engine Resource_5	0.44	3600
Engine Resource_3	0.52	3600
Engine Resource_6	0.535	5450
Engine Resource_8	0.544	3500
Engine Resource_7	0.57	4100
Engine Resource_4	0.625	3340

Рис. 7. Таблица принятия решений агента заказа самолёт – прототип номер 4

Partner	Status	Name	Value	State	Type
Engine Resource_5	Accept	M_dvig	5515	Assigned	Scripted
		BD_M_dvig	3600	Assigned	Partner
		_N_dvig	3	Assigned	Simple
		M_su	0.108	Assigned	Scripted
		M_0	191485	Assigned	Scripted
		Mohr_Inpl	0.402342228384423	Assigned	Scripted
		BD_Distance	4800	Assigned	Simple
		V_ki	256.612171349162	Assigned	Scripted
		_H_kr	11800	Assigned	Simple
		_M	0.88	Assigned	Simple
		M_pl	0.392	Assigned	Scripted
		M_kn	18400	Assigned	Scripted
		C_kr	1.09749481454065	Assigned	Scripted
		BD_C_kr	0.44	Assigned	Partner
		K_max	16.7403454421527	Assigned	Scripted
		CX_0	0.0218290366627752	Assigned	Scripted
		Lambda_fuz	8.78805073431242	Assigned	Scripted
		_n_vt	6	Assigned	Simple
		BD_Number of Passeng...	175	Assigned	Simple
		P_0	17412	Assigned	Scripted
		BD_P_0	18000	Assigned	Partner
		P0_max	0.27278706047552	Assigned	Scripted
		Temp	0	Assigned	Simple
		P0_3	0.2475	Assigned	Scripted
		TG	0.027	Assigned	Scripted
		P0_2	0.236081177611978	Assigned	Scripted
		_Effective_mehan	True	Assigned	Simple
		_Dist_rzb	2090	Assigned	Simple
		P0	565.341589700463	Assigned	Scripted
		P0_H	686.114036882747	Assigned	Scripted
		DeltaH_kr	0.2572	Assigned	Scripted
		P0_zahpos	565.341589700463	Assigned	Scripted
		P0_1	0.27278706047552	Assigned	Scripted
		K_kreis	13.3922763537221	Assigned	Scripted
		Ksi	1.02134528	Assigned	Scripted

Рис. 8. Структура агента заказа самолёт – прототип номер 4

Partner	Status	Name	Value	State	Type
BD_Plane_Demand_4	Passive	BD_M_dvig	3600	Assigned	Simple
		BD_C_kr	0.44	Assigned	Simple
		BD_P_0	18000	Assigned	Simple

Рис. 9. Структура агента ресурса *двигатель* номер 5

ные значения параметров для подбора двигателя и параметры лучшего двигателя.

Структура агента ресурса *двигатель* показана на рис. 9: в левой части указан агент самолета-прототипа (BD_Plane_Demand_4), с которым происходил процесс матчинга, а справа - параметры подобранныго двигателя.

Целесообразно рассматривать взаимодействие с двигателями только тех прототипов, которые прошли матчинг с агентом проектируемого самолета. Например, лучший прототип под номером 4 (это было выяснено на первом этапе матчинга) взаимодействовал с двигателями 3–8 (рис. 7 и 8), лучшее решение с учетом минимизации удельного расхода топлива и массы – двигатель номер 5.

После двойного матчинга получено, что в соответствии с заданными ограничениями и условиями в контексте данной задачи рационально проектировать самолет по следующей цепочке: *проектируемый самолёт* → *самолёт-прототип* номер 4 → *двигатель* номер 5.

Сцена в созданной онтологической модели является собой перечень параметров для конкретного момента времени. По мере поступления событий, влияющих на проектирование, агенты могут обновлять сцену с целью отображения в ней новых установленных соответствий между заказами и ресурсами, появление которых вызвано новым событием.

В результате проведённого онтологического моделирования по данным технического задания поэтапно заполнилась матрица проекта. Был выбран лучший прототип с основными параметрами, уже последовательным образом подсчитанными

для него, благодаря использованию двустороннего матчинга. По этим параметрам впоследствии был подобран двигатель, удовлетворяющий требованиям самолета. Очевидно, что, благодаря одновременному выполнению нескольких операций, уменьшилась трудоёмкость работ по проектированию самолёта. Таким образом, решена задача автоматизированного заполнения матрицы проекта при заданных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боргест Н. М., Симонова Е. В. Основы построения мультиагентных систем: учеб. пособие. Самара: СГАУ, 2009. 76 с.
2. Боргест Н.М., Шустова Д.В., Гиматдинова С.Р. Метод. указания к лабораторной работе №5 по курсу онтологии производственной сферы: «Поэтапное проектирование самолёта». Самара: СГАУ, 2012. 76 с.
3. Иващенко А.В., Лада А.Н., Симонова Е.В., Скobelев П.О. Мультиагентная технология управления мобильными ресурсами в режиме реального времени: учеб. пособие. Самара: Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2011. 177 с.
4. Скobelев П.О. Онтологии деятельности для ситуационного управления предприятиями в реальном времени / Онтология проектирования. 2012. № 1. С.6-38
5. Смирнов С.В. Онтологический анализ предметных областей моделирования // Известия Самарского научного центра РАН. 2002. Т.3. №1. С.62-70.
6. Wooldridge M., Jennings N.R. Agent Theories, Architectures, and Languages: A Survey. In: Intelligent Agents. ECAI-94 Workshop on Agent Theories, Architecture and Languages. Amsterdam, The Netherlands, August 8-9, 1994, (Eds. M.J. Wooldridge and N.R. Jennings). Proceedings. Springer Verlag:1994, P.3-39
7. Сайт компании «Magenta Technology». URL: <http://www.magenta-technology.ru> (дата обращения 2.10.2012).

AUTOMATED FILLING PROJECT MATRIX BASED ONTOLOGY

© 2012 N.M. Borgest, D.V. Shustova, S.R. Gimatdinova

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolev
(National Research University)

The article describes the use of multi-agent technology to support decision-making processes in the design of the aircraft. It is proposed ontological model for phased implementation of the design of passenger aircraft by automated matrix filling project using multi-agent system Magenta.

Keywords: ontology of the aircraft, computer-aided design, descriptive ontology specification, the matrix of the project, matching.

Nikolay Borgest, Candidate of Technics, Professor at the Construction and Design of Aircraft Department.

E-mail: borgest@yandex.ru

Dina Shustova, Graduate Student at the Construction and Design of Aircraft Department.

E-mail: ShustovaDV@yandex.ru

Svetlana Gimatdinova, Student. E-mail: rashitta@mail.ru