

Использование мультиагентных систем в задачах управления медицинским учреждением¹

А.Л. Чернявский, А.А. Дорофеюк, А.С. Мандель, И.В. Покровская, А.Г. Спиро

Аннотация. В статье даётся аналитический обзор трёх типов подхода к использованию мультиагентных систем в медицинских учреждениях: в работах 1-го типа абстрагируются от конкретных особенностей лечебного процесса в больницах разных типов; в работах 2-го типа итоговой целью является применение мультиагентной системы для оперативного планирования лечебного процесса в реальных больницах, причём она мыслится как интерактивная среда, позволяющая работать в реальном времени, когда постановка диагноза, определение состояния больного и пр. остаётся за врачами, а агенты берут на себя формальную работу, не требующую медицинской квалификации; в работах 3-го типа мультиагентная структура используется для построения имитационной модели конкретного лечебного учреждения, в котором с возможной точностью воспроизводятся его организационная структура, имеющиеся ресурсы, механизм взаимодействия подразделений в ходе лечебного процесса и реальные статистические характеристики потока больных.

Ключевые слова: мультиагентные системы, компоненты лечебного процесса, механизмы взаимодействия и эвристики.

Введение

Особенность задачи управления лечебным процессом в крупной больнице заключается в том, что в больнице нет единого центра оперативного управления: отделения и вспомогательные подразделения работают и планируют свою деятельность самостоятельно, во взаимодействии с другими подразделениями. Кроме того, продолжительность выполнения большинства лечебных процедур (операций, врачебных консультаций) невозможно определить заранее. В связи с этим в последнее время для оперативного планирования и управления лечебным процессом предлагаются методы, основанные на идее так называемых мультиагент-

ных систем. Каждая «сторона», участвующая в лечебном процессе и представленная в оперативном плане (расписании): врачи, пациенты, ресурсы, представляется своим программным блоком – агентом или множеством агентов, которые участвуют в составлении расписания «от своего имени», исходя из собственных предпочтений и ограничений. Правила взаимодействия агентов задаются таким образом, чтобы в результате получались «хорошие» расписания.

Есть три типа работ по применению мультиагентных систем в больницах. В работах первого типа сознательно абстрагируются от конкретных особенностей лечебного процесса в больницах разных типов. Цель этих работ – на довольно общих компьютерных моделях ис-

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФ: грант 14-19-01772; РФФИ: гранты 14-07-00463-а, 15-07-06713-а, 16-07-00896-а, 16-29-12880-офи, 16-29-12895-офи.

следовать эффективность разных механизмов, обеспечивающих взаимодействие агентов, разных эвристических правил составления расписаний и т.п.

В работах второго типа итоговой целью является применение мультиагентной системы для оперативного планирования лечебного процесса в реальных больницах. Очевидно, мультиагентная система не может работать в автоматическом режиме, она мыслится как интерактивная среда, позволяющая работать в реальном времени. Постановка диагноза, определение состояния больного, выбор характера медицинского вмешательства и само это вмешательство остается за врачами. Агенты берут на себя, так сказать, формальную работу, не требующую медицинской квалификации: осуществляют мониторинг, выполняют некоторые организационные функции и составляют расписание процесса лечения, минимизируя время лечения, простой врачей и оборудования.

В работах третьего типа мультиагентная структура используется для построения имитационной модели конкретной больницы. В такой модели с максимально возможной точностью воспроизводятся организационная структура больницы (или ее части), имеющиеся ресурсы (палаты, койки, оборудование, персонал), механизм взаимодействия подразделений в ходе лечебного процесса и реальные статистические характеристики потока больных. Благодаря наличию имитационной модели появляется возможность не ограничиваться повышением эффективности использования ресурсов в рамках существующей организации лечебного процесса, но и совершенствовать саму эту организацию, проигрывая разные варианты организационных изменений (перераспределение коек между лечебными подразделениями, изменение численности медицинского персонала, управление процессом госпитализации и т.п.).

1. Моделирование механизмов взаимодействия и эвристик

Примером работ этого типа может служить работа, отраженная в публикациях [1, 2], в которой предлагается следующий механизм взаимодействия агентов, действующих от лица пациентов. Агенты, руководствуясь перечнем диагнос-

тических процедур (которые пациенту назначил врач), запрашивают блок ресурсов о времени освобождения нужного ресурса (медицинского оборудования), а других агентов – о возможности обменять с ними время обследования на более раннее. Если такой обмен не влияет на время последнего теста запрашиваемого агента, тот соглашается.

Пусть, например, пациенту назначены компьютерная томография и эндоскопия, а после получения результатов – консультация с врачом. Поскольку суммарное время обслуживания пациента определяется временем последнего назначения, сдвиг томографии или эндоскопии на более позднее время не увеличит суммарное время обслуживания (если пациент успевает на консультацию). Поэтому его агент согласится на такой сдвиг (если от агента другого пациента поступит соответствующая просьба). При таком подходе отсутствует конфликт интересов и отпадает необходимость решать трудную задачу о праве того или иного пациента на первоочередное обслуживание.

Модель лечебного процесса представлена в виде множества циклов, показанных на Рис. 1. Цикл начинается с консультации врача, который назначает пациенту какое-то количество обследований (тестов). Каждый тест выполняется на некотором оборудовании (ресурсе). С результатами обследований пациент возвращается к врачу, который либо ставит диагноз и назначает лечение, либо направляет на дополнительные обследования. Напомним, что в компьютерной модели пациенты представлены агентами, которые запрашивают блок ресурсов о времени освобождения нужного ресурса, а других агентов – о возможности обменять с ними время обследования на более раннее. Ес-

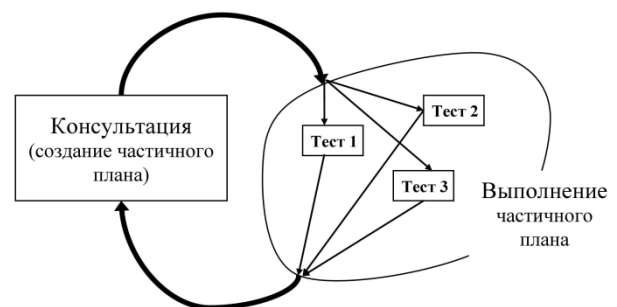


Рис. 1. Цикл «консультация-диагностика-консультация»

ли такой обмен не влияет на время последнего теста запрашиваемого агента, тот соглашается. Расписание, составленное для показанного на Рис. 1 цикла, называется частичным планом.

Модель работает в два этапа. На первом этапе по мере поступления новых пациентов строится расписание для соответствующих частичных планов с применением двух эвристических правил: FCFS (первый обратившийся назначается на самое раннее время) и FCRS (первый обратившийся назначается на случайное время в некотором интервале). На втором этапе производится улучшение этого расписания путем неухудшающего обмена. Критерий качества расписания – суммарное время, затраченное всеми пациентами на обследование.

В работе специально отмечается, что описанная модель отражает не реальную, а сильно упрощенную ситуацию. Упрощение состоит в том, что в реальной больнице процессы составления частичных планов и их улучшения невозможно разнести во времени. Такое упрощение оправдывается тем, что моделирование реальной ситуации потребовало бы учета специфических особенностей организации лечебного процесса в конкретной больнице, а значит результаты моделирования не обладали бы достаточной общностью.

В работе приводятся результаты составления расписаний для модельного исходного материала при разных параметрах. Менялись число пациен-

тов, среднее число тестов в частичном плане, разброс продолжительности разных видов тестов, эвристические правила составления частичных расписаний (FCFS либо FCRS). Построенные расписания сравнивались с расписаниями, построенными для тех же исходных данных с помощью одного из алгоритмов централизованного планирования. Результаты предложенного в [1, 2] алгоритма во всех случаях были существенно лучше, при этом правило FCRS дало лучшие результаты, чем FCFS.

2. Разработка интерактивной среды для работы в реальном времени

Примером работы этого типа может служить работа [3], в которой мультиагентный подход предлагается использовать для оперативного планирования лечебного процесса в больнице скорой помощи (исходя из практики работы таких больниц во Франции).

Структура мультиагентной системы показана на Рис. 2.

При поступлении очередного пациента создается Принимающий агент (HA-агент), который во взаимодействии с пациентом в реальном времени создает запись в медицинской карте и передает ее Агенту-идентификатору (IdA-агенту).

Агент-идентификатор (IdA-агент) определяет, какие специалисты и какие ресурсы потребуются в процессе лечения, и передает информацию Агенту мониторинга (MA-агенту) и

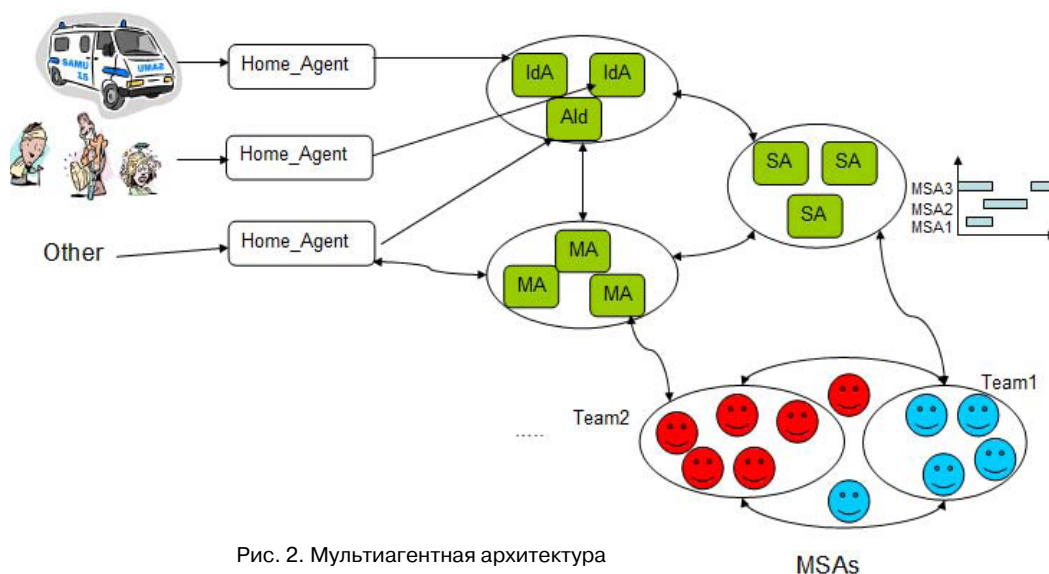


Рис. 2. Мультиагентная архитектура

Агенту-планировщику (SA-агенту).

Агент-планировщик (SA-агент) составляет расписание процесса лечения, оптимизируя время лечения при имеющихся ресурсах. Зная профиль необходимых специалистов, SA-агент формирует мобильную команду соответствующих агентов (MSA-агентов). В случае необходимости он переводит MSA-агентов из одной команды в другую. Кроме того, SA-агент сообщает MA-агенту о результатах медицинского вмешательства.

Агент мониторинга (MA-агент), помимо рутинных задач мониторинга, сообщает IdA-агенту об ухудшении состояния пациента и управляет распределением пациентов по палатам и больничным койкам.

Агенты мобильной медицинской команды (MSA-агенты) в случае необходимости могут по инициативе SA-агента собираться на консилиум, а также по его требованию переходить в другие команды для выполнения необходимых процедур. Эти агенты имеют доступ ко всей информации о пациенте, которая имеется в распоряжении MA-агента.

В статье весьма подробно описаны функции агентов разных типов и их взаимодействие с учетом реальной практики больницы скорой помощи. Однако все эти подробности относятся только к программному обеспечению, организация интерактивного взаимодействия между компьютером и медицинским персоналом не рассматривается. Тем не менее, авторы указывают, что их конечная цель – довести систему до такого уровня, чтобы она могла распределять ресурсы в реальном времени.

3. Имитационное моделирование

В [4] описана имитационная модель отделения неотложной помощи в составе больницы (такое отделение, судя по описанию, соответствует нашему травмопункту). В модель заложена информация, полученная в двух испанских больницах: Hospital de Sabadell (обслуживает район с населением 500 тыс. чел.) и Hospital de Mataro (район с населением 250 тыс. чел.).

Агенты пациентов и медицинского персонала представлены в модели конечными автоматами, имеющими несколько состояний и переходящими из одного состояния в другое при поступлении на вход сигналов от других агентов. Например, для агента-пациента сигналом может быть полученное от агента-врача назначение на рентген. Состояние агента описывается набором переменных, значения которых меняются при переходе от одного состояния к другому (Табл. 1).

Переменная «Выполняемое действие» имеет широкий набор значений (в таблице показаны только три примера), свой для агента каждого типа и зависящий от местонахождения. Каждое из этих действий имеет определенную продолжительность и вносит свой вклад в общее время пребывания пациента в травмопункте. Хотя в реальных системах диагноз ставится в конце процесса, в модели он задается сразу, чтобы можно было использовать имеющуюся статистику.

В Табл. 2 приведены результаты некоторых расчетов на построенной модели: зависимость результатов работы травмопункта от численности медицинского персонала.

Табл. 1. Перечень переменных, определяющих состояние

Переменные	Возможные значения
Имя/идентификатор ID	Уникальное для каждого агента
Персональные данные	Возраст, пол, образовательный уровень и т.д.
Местонахождение	Регистратура, зал ожидания, комната первичного осмотра, рентгеновский кабинет и т.д.
Выполняемое действие	Ожидание, обращение за информацией к ID, сообщение информации ID, переход из одного места в другое и т.д.
Диагноз	Полный перечень имеющихся отклонений
Способность к коммуникации	Низкая, средняя, высокая
Опыт работы (для медперсонала)	Малый, средний, большой

Табл. 2. Зависимость результатов работы от численности медперсонала

№	<i>PA</i>	<i>TN</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>
1	1	1	2	397	135	7.8	4.8	2.5	222	37
2	1	2	2	399	135	8.2	0.7	7.0	48	212
3	1	2	3	398	203	5.8	0.6	4.7	48	143
4	1	2	4	397	271	4.0	1.0	2.4	46	75
5	1	3	3	397	203	6.1	0.0	5.6	0	188
6	1	3	4	406	271	4.3	0.0	3.8	0	128
7	2	2	2	382	135	7.6	0.3	6.8	36	207
8	2	2	3	404	203	6.3	1.0	4.7	53	143
9	2	2	4	390	271	4.0	1.0	2.4	40	77
10	2	3	3	389	203	5.7	0.0	5.2	0	181
11	2	3	4	406	271	3.8	0.0	3.3	1	128

В таблице введены следующие обозначения. *PA*: кол-во административного персонала на приеме. *TN*: кол-во медсестер, выполняющих сортировку пациентов. *M*: кол-во врачей. *A*: кол-во пациентов, прибывших в травмопункт в течение моделируемого промежутка времени. *B*: кол-во пациентов, закончивших лечение в этот промежуток времени. Для этих пациентов: *C*: суммарное время, проведенное в травмопункте (в часах), *D*: среднее время, проведенное в основном помещении для ожидания (в часах), *E*: среднее время, проведенное во втором помещении для ожидания (в часах). *F*: кол-во пациентов, находящихся в основном помещении для ожидания в конце моделируемого периода. *G*: кол-во пациентов, находящихся во втором помещении для ожидания в конце моделируемого периода.

Было сделано 11 вариантов расчетов, в первом сочетании медперсонала оказалось наихудшим, в 11-м – наилучшим. В результате увеличения численности медперсонала на 5 чел (добавление 1 администратора, 2 медсестер на сортировке больных и 2 врачей) число обслуженных пациентов увеличилось на 100%, а время, проведенное в травмопункте, уменьшилось на 51,3%. В вариантах 4, 6 и 9 было обслужено такое же количество пациентов, но время, проведенное в травмопункте, было несколько большим: на 9 мин в просчетах 4 и 9 и

на 32 мин в просчете 6. Авторы пришли к выводу, что оптимальное сочетание медперсонала соответствует варианту 4, поскольку показатели эффективности в этом случае близки к наилучшим, а количество персонала было меньше на 2 человека.

В [5] описана имитационная модель кардиохирургического отделения большой клинической больницы в Эйнховене (Нидерланды). Пациентов этого отделения можно разделить на четыре категории.

Пациенты категорий I и II – плановые, они поступают вначале в палату общего типа, из которой их забирают на операцию. После операции пациенты категории I находятся в палате терапии высокого уровня, а затем, в зависимости от состояния, либо по истечении суток возвращаются в палату общего типа (в 70% случаев), либо (в случае ухудшения состояния) переводятся на некоторое время в реанимацию (15% случаев) или в палату терапии среднего уровня (15% случаев). Пациенты категории II после операции возвращаются в палату общего типа, минуя СТС-НС. Пациенты категории III – внеплановые, им требуется срочная операция. Пациенты категории IV – это пациенты других хирургических отделений, которых временно помещают в кардиохирургию из-за нехватки коек.

Маршрут пациента категории I показан на Рис. 3.

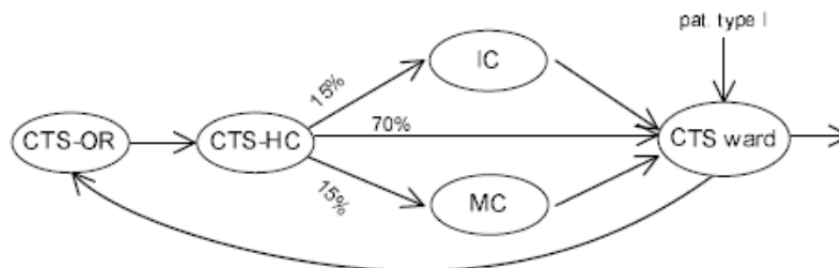


Рис. 3. Маршрут пациента категории I

CTS – кардиохирургическое отделение, OR – операционный блок, IC – реанимация, NC – палата терапии высокого уровня, MC – палата терапии среднего уровня, ward – палата общего типа

В [5], в отличие от ранее описанной имитационной модели травмопункта, агенты представляют не врачей, сестер и пациентов, а палаты разных типов. По запросам других агентов они предоставляют имеющиеся у них ресурсы. Соответствующие правила, объемы ресурсов и стоимости соответствующих коек (относительно стоимости койки в палате общего типа) приведены в Табл. 3.

Продолжительности пребывания пациентов в палатах разных типов описывались логнормальными распределениями, параметры которых определялись по реальным данным методом моментов. Входной поток пациентов категории III задавался распределением Пуассона со средним значением 2 пациента в день. Входной поток пациентов категории IV изменялся в пределах от 2 до 4 пациентов в день с

Табл. 3. Правила поведения агентов и объемы их ресурсов

Агенты	Ресурсы	Отн. стоимость	Правила поведения агентов*
CTS-OR	8 опер. в день	-	Просит перевести очередного пациента категории II(I) из CTS ward в OR согласно своему плану. Если агент CTS-NC сообщает, что у него нет свободных мест, операции пациентов категории I отменяются. Информирует CTS ward о количестве пациентов категории II(I), запланированных на следующий день. Просит агентов CTS-NC и CTS ward забрать пациентов по окончании операции.
CTS-NC	4 койки	2	Просит других агентов забрать пациентов в описанных в основном тексте случаях. В случае отказа пациент остается в CTS-NC, остальные агенты оповещаются об ограниченном количестве мест. Принимает пациентов категории IV при наличии свободных мест.
IC	11 коек	4	Принимает пациентов категорий I и II при наличии показаний. При отсутствии мест использует имеющийся в больнице резерв. Оставляет одну койку для пациентов категории III.
IC-NC	4 койки	2	Размещает пациентов категории IV в палатах IC или NC. При отсутствии мест отказывает в приеме.
MC	4 койки	2	Принимает пациентов из OR. При отсутствии мест использует имеющийся в больнице резерв.
CTS ward	35 коек	1	Принимает всех прооперированных пациентов. Госпитализирует пациентов, обеспечивая план операций на следующий день. Обеспечивает первоочередность отправки на операцию пациентов, у которых операции отменялись из-за отсутствия мест в NC. При отсутствии мест использует имеющийся в больнице резерв.

*при нехватке мест в палатах пациенты отбираются на свободные койки случайным образом.

Табл. 4. Зависимость затрат и частоты обращения к резерву от количества коек

	Количество коек в CTS ward			
	35	36	37	38
Средняя частота обращения к резерву:				
до операции	9,51%	6,46%	4,07%	2,40%
после операции	8,54%	5,78%	3,57%	2,02%
Стоимость ресурсов (среднее; ст. отклонение):				
своих	38835	39200	39565	39930
резервных	355,7; 48,6	278,6; 33,3	226,1; 33,5	173,3; 27,3

модой 3. Входной поток плановых пациентов категорий I и II формировался таким образом, чтобы гарантировать необходимое количество пациентов для операционного блока.

О точности моделирования можно судить по следующим цифрам. Пропускная способность операционного блока реальной системы позволяет проводить 2080 операций в год. Однако из-за частого отсутствия свободных мест в палате HC фактически выполняется около 1800 операций. По результатам 50 просчетов на модели получилось 1768 операций в год (среднее значение) со стандартным отклонением 40. Близкими к реальным оказались также полученные на модели данные о процентах удовлетворения заявок о приеме пациентов категорий III и IV (82,9% и 99,0% соответственно). Точные данные о запросах резервных коек, поступающих из разных палат, в реальной системе отсутствуют. Однако данные, полученные на модели, эксперты оценили как вполне реальные.

Построенная модель использовалась для оценки эффективности возможных вариантов увеличения и перераспределения имеющихся в реальной системе ресурсов.

В настоящее время около 10% еще не прооперированных больных приходится размещать в других отделениях из-за отсутствия мест в CTS ward. Хотя на качество лечения это не влияет, больные лучше чувствуют себя в «своем» отделении. Если пойти навстречу пациентам, увеличив количество коек, во что это обойдется больнице? Результаты расчетов приведены в Табл. 4. Дальнейшее увеличение количества коек (соответствующие результаты в таблице не показаны) не улучшает характеристики обслуживания.

Далее, на момент окончания работы в больнице обсуждался вопрос о закрытии палат HC и MC с передачей их коек в IC с целью сделать систему более гибкой. Для этого случая были проведены расчеты, в которых число коек в IC менялось от 10 до 20. При этом число пролеченных пациентов категорий I и II увеличивалось линейно от 1268 до 1985. Число пролеченных пациентов категории III увеличивалось от 500 до 620 при увеличении числа коек от 10 до 17 и далее не менялось (при 17 койках удовлетворялось 96% заявок для этой категории). Для пациентов категории IV максимум достигался при 16 койках (при этом удовлетворялось 97% заявок). В итоге оказалось, что объединение коек привело бы к изменению пропорций разных категорий больных в общем потоке: увеличению доли категории III и уменьшению долей категорий I, II и IV, а в итоге – к некоторому уменьшению общего количества пролеченных пациентов. Вопреки мнению менеджеров больницы, оказалось, что некоторое увеличение числа коек HC и MC полезнее, чем объединение их с IC.

Заключение

Как можно оценить описанные выше результаты с точки зрения задач совершенствования управления лечебным процессом в конкретном лечебном учреждении? Из аналитического обзора следует, что наиболее интересные для практики результаты получены в двух направлениях: в централизованном планировании и в имитационном моделировании с использованием мультиагентных моделей. Однако при предварительном обсуждении с экспертами имеющегося опыта ис-

пользования информационно-компьютерных технологий в совершенствовании управления лечебным процессом о задачах централизованного планирования практически никто не упоминал. По-видимому, они сейчас не стоят на повестке дня. Задачи имитационного моделирования, очевидно, более перспективны. Пример имитационного моделирования работы кардиохирургического отделения показывает, что имитационные модели действительно открывают новые возможности для управления лечебным процессом.

Однако в этом направлении пока делаются только первые шаги. Сейчас имитационные модели разрабатываются большими коллективами исследователей в течение длительного времени (как правило, нескольких лет). Две описанные выше модели – это наиболее интересные результаты по имитационному моделированию, которые удалось найти в литературе. А специфика многих крупных клиник в России (в частности, не имеющая аналогов за рубежом сложная система бюджетного финансирования дорогостоящих операций и связанная с ней система госпитализации) делает задачу построения имитационной модели ещё более сложной.

Тем не менее, можно надеяться, что разработка специальных средств программирования позволит существенно повысить скорость и эффективность разработки таких моделей.

Литература

1. Ivan Vermeulen et al. Multi-agent Pareto appointment exchanging in hospital patient scheduling / Springer, SOCA 1: 185-196, 2007.
2. Vermeulen I. et al. Improving patient activity schedules by multi-agent Pareto appointment exchanging / Proc. IEEE intern. conf. on E-commerce technology, CEC/EEE, pp. 56-63, 2007.
3. Amandi Daknou et al. Toward a multi-agent model for the care of patients at the emergency department / MAMECTIS'08 Proc. Of the 10th WSEAS intern. conf. on Math. Methods, computational techniques and intelligent systems, pp. 264-269, 2008.
4. Manel Taboada et al. Agent-based emergency decision-making aid for hospital emergency departments / Emergencias, vol. 24, 2012, pp. 189-195.
5. Anke K. Hutzschenreuter et al. Agent-based Patient Admission Scheduling in Hospitals / Proc. of 7th intrn. conf. on autonomous agents and multiagent systems (AAMAS 2008).- Industry and application track, May, 12-16, 2008, pp. 45-52.

Чернявский Александр Леонидович. Старший научный сотрудник ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова. Окончил МФТИ в 1964 году. Кандидат технических наук. Количество печатных работ: 43. Область научных интересов: интеллектуальные методы анализа данных, методы экспертизы и анализа экспертных оценок, методы поддержки принятия решений. E-mail: achern@ipu.ru

Дорофеюк Александр Александрович. Главный научный сотрудник ИСА ФИЦ ИУ РАН. Заведующий лабораторией ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова. Профессор НИУ ВШЭ, ФКН. Окончил МФТИ в 1965 году. Доктор технических наук. Количество печатных работ: 232, в том числе 15 монографий. Область научных интересов: математическая статистика, функциональный анализ, интеллектуальные методы анализа данных, методы экспертизы и анализа экспертных оценок, методы поддержки принятия решений, системный анализ. E-mail: daa2@mail.ru

Мандель Александр Соломонович. Заведующий лабораторией ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова. Окончил МФТИ в 1969 году. Доктор технических наук, профессор. Количество печатных работ: 201, в том числе 4 монографии. Область научных интересов: математическое моделирование в социальных и экономических системах, экспертиза и экспертно-статистические модели, интеллектуальные методы анализа данных, методы поддержки принятия решений. E-mail: almandel@yandex.ru

Покровская Ирина Вячеславовна. Старший научный сотрудник ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова. Окончила МГУ им. М.В. Ломоносова в 1976 году. Кандидат технических наук. Количество печатных работ: 61. Область научных интересов: интеллектуальные методы анализа данных, методы экспертизы и анализа экспертных оценок, методы поддержки принятия решений. E-mail: ivp750@mail.ru

Спиро Арнольд Григорьевич. Старший научный сотрудник ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова. Окончил РосПИ, г. Ростов в 1958 году. Кандидат технических наук. Количество печатных работ: 43. Область научных интересов: интеллектуальные методы анализа данных, методы экспертизы и анализа экспертных оценок, методы поддержки принятия решений. E-mail: spiro35@mail.ru

The use of multi-agent systems in management problems for medical institution

A.L. Chernyavsky, A.A. Dorofeyuk, A.S. Mandel, I.V. Pokrovskaya, A.G. Spiro

Abstract. The article provides an analytical overview of the three approaches types to the use of multi-agent systems in medical institutions: in the 1st type approach publications are abstracted from the specific treatment process features in the various hospital types. The final goal of the 2nd type approach publications is the application of multi-agent system for operative treatment process planning in real the hospitals, and it is thought of as an interactive environment, allowing to work in real time, when the diagnosis, the condition of the patient determination, etc. remains with the doctors, as agents take on a formal job that does not require medical qualification. In the 3rd type approach publications the multi-agent structure is used to build a particular hospital simulation model, which accurately reproduced the organizational hospital structure, available resources, the departments interaction mechanism during the treatment process and the real statistical characteristics of the patients flow.

Keywords: multi-agent systems, the components of the therapeutic process, mechanisms of interaction, and heuristics.

Alexander L. Chernyavsky. V.A. Trapeznikov's Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Senior Researcher. PhD (Computer Sciences), Associate Professor.

Alexander A. Dorofeyuk. Institute for System Analysis of the Federal Research Center «Information and Control», RAS, Moscow, Chief Researcher; V.A. Trapeznikov's Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Head of Laboratory; National Research University «Higher School of Economics», Moscow, Professor. Doctor of Sciences (Computer Sciences), Professor.

Alexander S. Mandel. V.A. Trapeznikov's Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Head of Laboratory. Doctor of Sciences (Computer Sciences), Professor.

Irina V. Pokrovskaya V.A. Trapeznikov's Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Senior Researcher. PhD (Computer Sciences), Associate Professor.

Arnold. G. Spiro, V.A. Trapeznikov's Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Senior Researcher. PhD (Computer Sciences), Associate Professor.