

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЛЕЧЕБНО-ЭВАКУАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**А.А. Шеклеин, К.А. Аксенов (Екатеринбург), И.Ф. Савченко, М.Л. Чувашев (Санкт-Петербург)****Введение**

Организация помощи и эвакуации раненых является сложной системой [1-4] включающая в себя большое количество временных ограничений наложенных на логистическую модель. Решение задачи рационального планирования транспортировки раненых и больных при минимальных затратах ресурсов при заданных сроках и учете ненадежности воздушной эвакуации является актуальным для военных, спасателей, администраций регионов.

Описание модели лечебно-эвакуационных мероприятий

Постановка задачи. Театр военных действий располагается на островной части океана и материковой части суши. Вероятное время года: май-сентябрь. В результате боевых действий, длительность которых составляет 3-4 дня, появляются очаги санитарных потерь (раненые). Схема лечебно-эвакуационных мероприятий (ЛЭМ) представлена на рис. 1.

Первая воинская часть находится на острове. Возможно появление 5-10 раненых. На месте им будет оказана первая врачебная помощь. На расстоянии 900 км от острова находится госпиталь, где оказывают квалифицированную медицинскую помощь. На расстоянии 1400 км от острова находится госпиталь, где оказывают специализированную медицинскую помощь. Транспортировка раненых обеспечивается самолетами.

Вторая воинская часть находится на острове. Возможно появление 20-30 раненых. На месте им будет оказана первая врачебная помощь. На расстоянии 500 км от острова находится госпиталь, где оказывают квалифицированную медицинскую помощь (транспортировка обеспечивается вертолетом). На расстоянии 2300 и 1500 км от острова находится госпитали где, оказывают специализированную медицинскую помощь (транспортировка раненых обеспечивается самолетами).

Третье воинское соединение находится на материковой части. Возможно появление 180-220 раненых. На месте им будет оказана первая помощь и доврачебная помощь. На расстоянии 7 км находится медицинская рота, где раненым будет оказана первая врачебная помощь (транспортировка осуществляется автотранспортом). На расстоянии 20 км от медицинской роты находится госпиталь, где раненым будет оказана квалифицированная медицинская помощь (транспортировка осуществляется автотранспортом). На расстоянии 120 км от госпиталя находится этап специализированной медпомощи (транспортировка осуществляется вертолетом).

Четвертое воинское соединение находится на материковой части, где возможно появление 150-200 раненых. На месте им будет оказана первая помощь и доврачебная помощь. На расстоянии 8 км находится медицинская рота, где раненым будет оказана первая врачебная помощь (транспортировка осуществляется автотранспортом). На расстоянии 110 км от медицинской роты находится больница, где раненым будет

оказана квалифицированная медицинская помощь (транспортировка осуществляется автотранспортом). На расстоянии 260 км от больницы находится этап специализированной медпомощи (транспортировка осуществляется вертолетом).

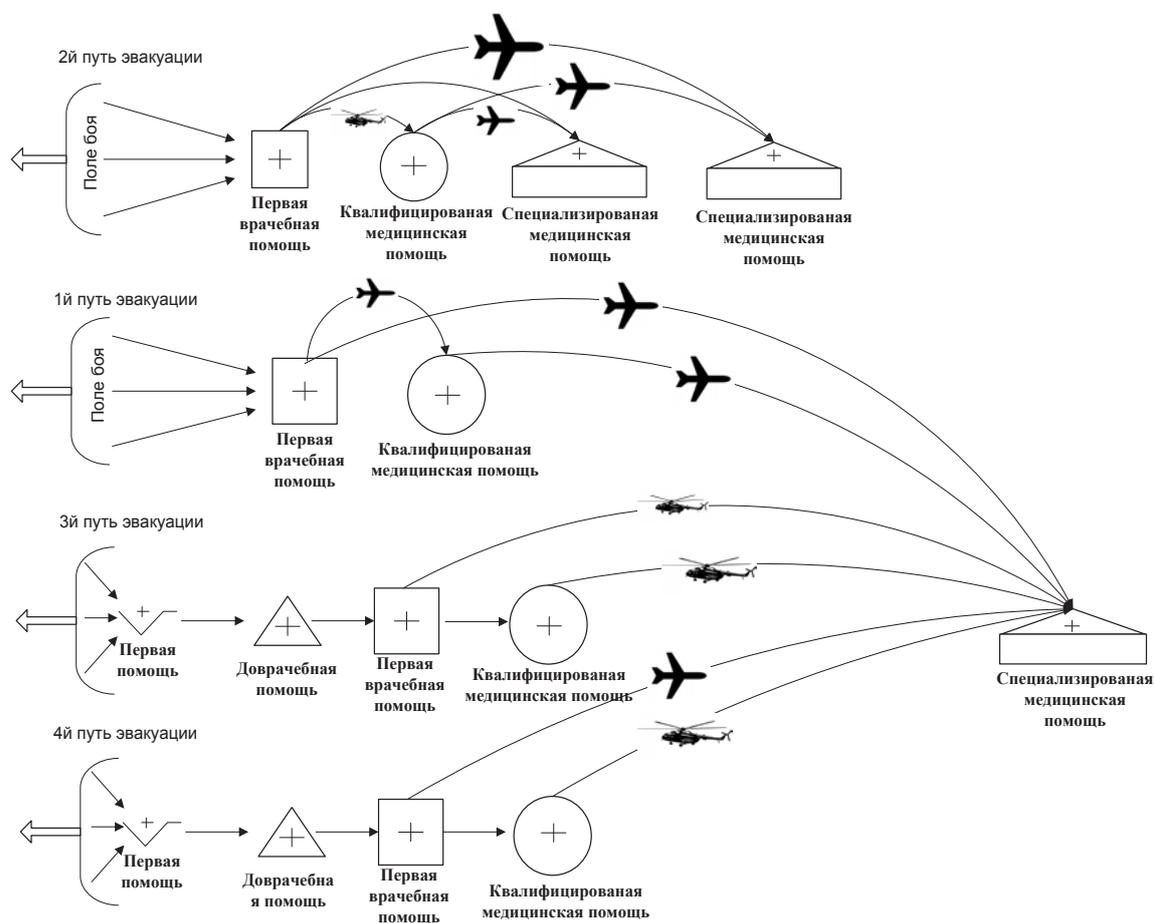


Рис. 1. Схема лечебно-эвакуационных мероприятий

Для построения модели (рис. 2) была использована мультиагентная система имитационного моделирования BPsim. Система BPsim позволяет описать лиц, принимающих решения с помощью элементов Агент (руководитель медицинской службы этапа). С использованием программных агентов реализована в модели возможность сортировки раненых. В основе математического обеспечения системы BPsim лежит мультиагентная модель процесса преобразования ресурсов [7-10].

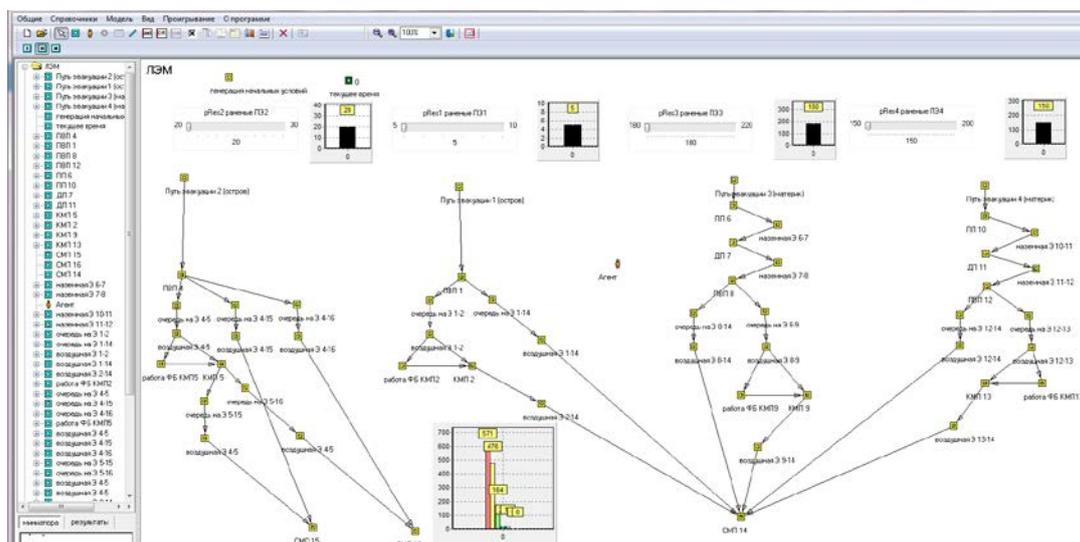


Рис. 2. Имитационная модель лечебно-эвакуационных мероприятий в VPSim.MAS

В заявке основного типа "Раненый" zI содержатся параметры описывающие путь эвакуации, маршрут эвакуации заданный Агентом, время ранения, времена ожидания перед очередным этапом или транспортировкой, длительности оказания помощи на этапах, общее время нахождения раненого на пути лечебно эвакуационных мероприятий и маркеры превышения нормативного времени. Все заявки созданные моделью полностью проходят свой путь, что позволяет собрать статистику работы каждого этапа эвакуации. Кроме того, каждый тип транспорта описан в виде заявки со своими атрибутами.

Агент описывает работу ответственных по распределению раненых на каждом этапе и следит, чтобы все заявки были выполнены. Распределение идет раненых организовано в модели следующим образом: каждая сгенерированная заявка zI получает два параметра путь и маршрут в зависимости от степени тяжести ранения. Всего в модели присутствуют 15 возможных маршрутов прохождения заявки. Подобная постановка эксперимента позволила выявить 2 маршрута, для которых ограничения накладываемые временем оказания помощи не укладываются по времени на всех этапах, даже если заявка не будет без очереди обслуживаться на каждом из этапов эвакуации. Для решения подобной проблемы потребовалось в одном случае изменить логику агента на некоторых этапах (в узких местах), а другом пожертвовать экономичностью в пользу скорости (выбор других типов транспортировки и добавление дополнительных врачебных бригад).

Сценарий поведения Агента описывается продукционными правилами (рис. 3). Помимо распределения раненых Агент отслеживает максимальное время ожидания транспортировки и количество Раненных в очереди для того, чтобы инициировать транспортировку на следующий этап. Например:

Правило1: Если количество раненых, ожидающих транспортировку равно или близко к эвакуационности авиатранспорта, и погода летная, то инициируется транспортировка авиатранспортом.

Правило2: Если количество раненых, ожидающих транспортировку, и количество раненых, получающих помощь на текущем этапе, равно или близко к эвакуационности транспорта, то инициируется транспортировка.

Правило2 в сравнении с *Правилом1* позволяет начать транспортировку раненых на следующий этап раньше, что для больших расстояний дает больший выигрыш по времени.

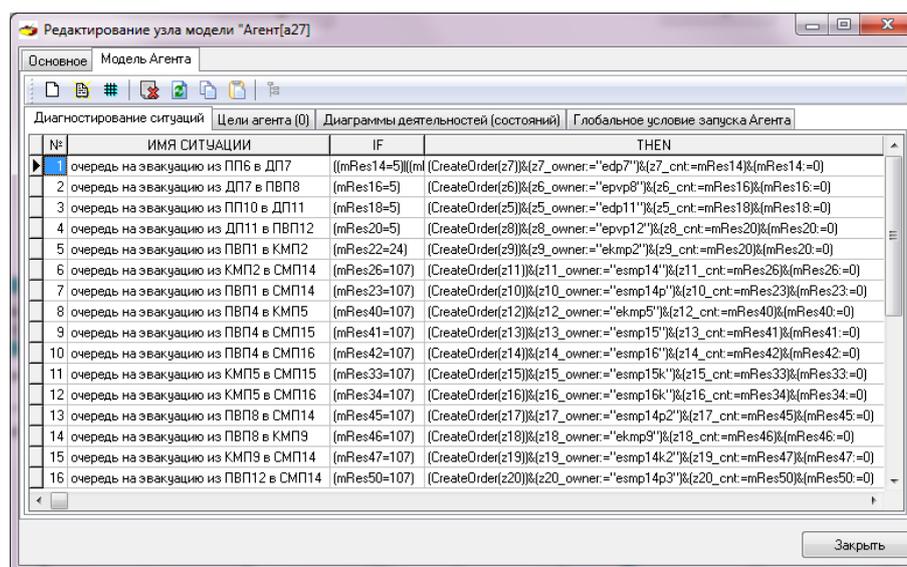


Рис. 3. Пример правил Агента (руководитель медицинской службы этапа)

На основе исходных данных по ограничениям наложенным на модель (а именно нормативные сроки оказания помощи раненым, количество койко-мест и бригад оказывающих помощь на этапах, вместимости, дальности действия и скорости транспортных средств) было проведено исследование времени прохождения ранеными всего пути лечебно-эвакуационных мероприятий. Одним из важных результатов исследования оказалось, что нормативы оказания помощи при заданных дистанциях не оставляют практически времени на ожидание прибывшими на этап ранеными помощи. Так, например, в случае направления раненых на оказание квалифицированной помощи на 3-ем пути эвакуации и вовсе не позволяют уложиться в оговоренное нормативом время.

Выводы

Построенная модель позволила провести эксперименты по поиску наиболее быстрого варианта эвакуации, наиболее экономичного, найти узкие места и на основе полученных результатов собрать рекомендации для каждого типа эвакуации. Эксперименты показали, что на дистанциях до 1000 км (путь эвакуации 1 и 2) экономней использовать самолет Ан-12, а для того чтобы уложиться во временной норматив на дистанциях свыше 1500 км лучше использовать Ил-76. Построенная модель позволяет расширить спектр экспериментов путем введения в неё приоритетов и стоимостной оценки материально технического обеспечения ЛЭМ во время боевых

действий ограниченных по времени, что будет полезно для экономического обоснования решений при планировании лечебно-эвакуационных мероприятий.

Литература

1. Военно-медицинская подготовка, под ред. **Ф.И. Комарова**, М., 1984.
2. Организация и тактика медицинской службы, под ред. **Н.Г. Иванова и О.С. Лобастова**. с. 37, Л., 1988
3. Военно-полевая хирургия.: учебник/Под ред. **Е.К. Гуманенко**. - 2008. - 768 с. http://vmede.org/sait/?id=Xirurgiya_voenno_pol_gumanenko_2008&menu=Xirurgiya_voenno_pol_gumanenko_2008&page=6
4. **Аксенов К.А., Савченко И.Ф., Рогачев Н.Ф.** Создание модели лечебно-эвакуационных мероприятий: 50-летие радиотехнического образования на Урале: Серия радиотехническая // Вестник УГТУ-УПИ. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. № 20 (50). С.243-245.
5. **Савченко И.Ф., Аксенов К.А.** Моделирование лечебно-эвакуационных мероприятий в вооруженном конфликте с использованием теории процессов преобразования ресурсов // Актуальные проблемы организации медицинского обеспечения войск в XXI веке.- СПб., 2004.- Ч. 2.- С. 120-127.
6. **Савченко И.Ф., Аксенов К.А., Синегубов О.В., Чепуренко Д.А.** Современные технологии подготовки и принятия решения в вопросах организации медицинского обеспечения войск // Научные труды международной научно-практической конференции «СВЯЗЬ-ПРОМ 2007» в рамках 4го Евро-Азиатского международного форума «СВЯЗЬ-ПРОМЭКСПО 2007». Екатеринбург: ЗАО «Компания Реал-Медиа», 2007. – С.261-264.
7. **К.А. Aksyonov, E.A. Bykov, E.F. Smoliy, A.A. Khrenov** Industrial Enterprises Business Processes Simulation with BPsim.MAS // Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference (WSC 2008), December 07-10, 2008, Miami, USA, Pages 1669- 1677.
8. **К.А. Aksyonov, E.F. Smoliy, A.A. Khrenov, E.A. Bykov, D.M. Kolosov** Development of Distributed Multi-agent Resource Conversion Processes based Simulation System BPsim.MAS // Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC 2008), Singapore, 12 – 15 October 2008, Pages 3624 – 3629.
9. **Аксенов К.А.** Модель мультиагентного процесса преобразования ресурсов и системный анализ организационно-технических систем. Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий» № 6. Москва. 2009. С. 38-45.
10. **К. Aksyonov, E. Bykov, L. Dorosinskiy, E. Smoliy and O. Aksyonova** (2011). Decision Support based on Multi-Agent Simulation Algorithms with Resource Conversion Processes Apparatus Application, Multi-Agent Systems - Modeling, Interactions, Simulations and Case Studies, Faisal Alkhateeb, Eslam Al Maghayreh and Iyad Abu Doush (Ed.), ISBN: 978-953-307-176-3, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/articles/show/title/decision-support-based-on-multi-agent-simulation-algorithms-with-resource-conversion-processes-appar> pp.301-326.