

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОПОДХОДНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПАЛЛИАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ

А.С. Гейда, О.Н. Леонова, И.В. Лысенко (Санкт-Петербург)

Решаются задачи оценивания, анализа оказания качества паллиативной медицинской помощи и синтеза характеристик оказания паллиативной медицинской помощи по показателю качества жизни пациентов.

Задача оценивания качества оказания паллиативной медицинской помощи состоит в том, чтобы рассчитать значение показателя качества жизни пациентов паллиативной медицины при заданных характеристиках пациентов и клиники, в которой они обслуживаются. В качестве показателя качества предложено использовать показатель качества жизни пациентов, оцениваемый по продолжительности жизни пациентов после заболевания и по ряду других характеристик жизни пациентов.

Эта задача решалась путем имитационного моделирования жизни пациентов заданной клиники и расчета характеристик их жизни, позволяющих определить качество жизни.

Задача анализа качества оказания паллиативной медицинской помощи состоит в том, чтобы рассчитать характеристики функциональных зависимостей, связывающих показатели качества жизни пациентов паллиативной медицины с характеристиками клиники, в которой они обслуживаются, и характеристиками функционирования клиники. Эта задача решалась путем экспериментов по вариации параметров клиники и ее функционирования и последующего эксперимента калибровки моделей так, чтобы они лучшим образом отражали наблюдаемые на практике закономерности жизни и обслуживания пациентов в г. Санкт-Петербург.

Задача синтеза характеристик оказания паллиативной медицинской помощи по показателю качества жизни пациентов состоит в том, чтобы рассчитать оптимальные значения характеристик клиники и ее функционирования в заданных условиях, то есть такие, при которых прогнозируемое качество жизни пациентов, при условии соблюдения ограничений на функционирование клиники, было бы наилучшим.

Эта задача решалась путем реализации оптимизационного эксперимента.

Для решения задач была модифицирована SEIR – модель (Susceptible–Exposed–Infected–Removed) течения заболевания, разработанная для среды AnyLogic<sup>1</sup>. А именно, была учтена специфика пациентов паллиативной медицины, состоящая в том, что в результате лечения пациенты не полностью выздоравливают, а лишь переходят в лучшее состояние по результатам лечения.

Функционирование лечебного учреждения паллиативной медицины описано с использованием дискретно-событийной модели как процесс массового обслуживания пациентов. Рождение, жизнь, протекание болезни и смерть пациентов описаны моделями на основе многоагентного подхода и моделей системной динамики.

Пример фрагмента такой модели – диаграммы состояний для пациентов при их рождении, жизни, лечении и смерти, показан ниже (рис. 1).

Пациенты медицинского учреждения разделены на 3 группы по степени тяжести состояния при протекании заболевания, обслуживание пациентов каждой группы реализуется в отдельном канале обслуживания. Ухудшение состояния пациентов описано с помощью модели системной динамики и на основе аналитического задания характеристик переходов между состояниями пациентов как агентов.

<sup>1</sup> Borshchev, Andrei. The Big Book of Simulation Modeling: Multimethod Modeling with AnyLogic. AnyLogic North America, 2013. 614 P.

После реализации экспериментов с двумя видами моделей изменения состояния пациентов (на основе аналитического задания характеристик переходов и на основе использования моделей системной динамики) был сделан вывод о предпочтительности многоподходного моделирования на основе дискретно-событийного и многоагентного моделирования в связи с тем, что в этом случае расходуется значительно меньше вычислительных ресурсов.

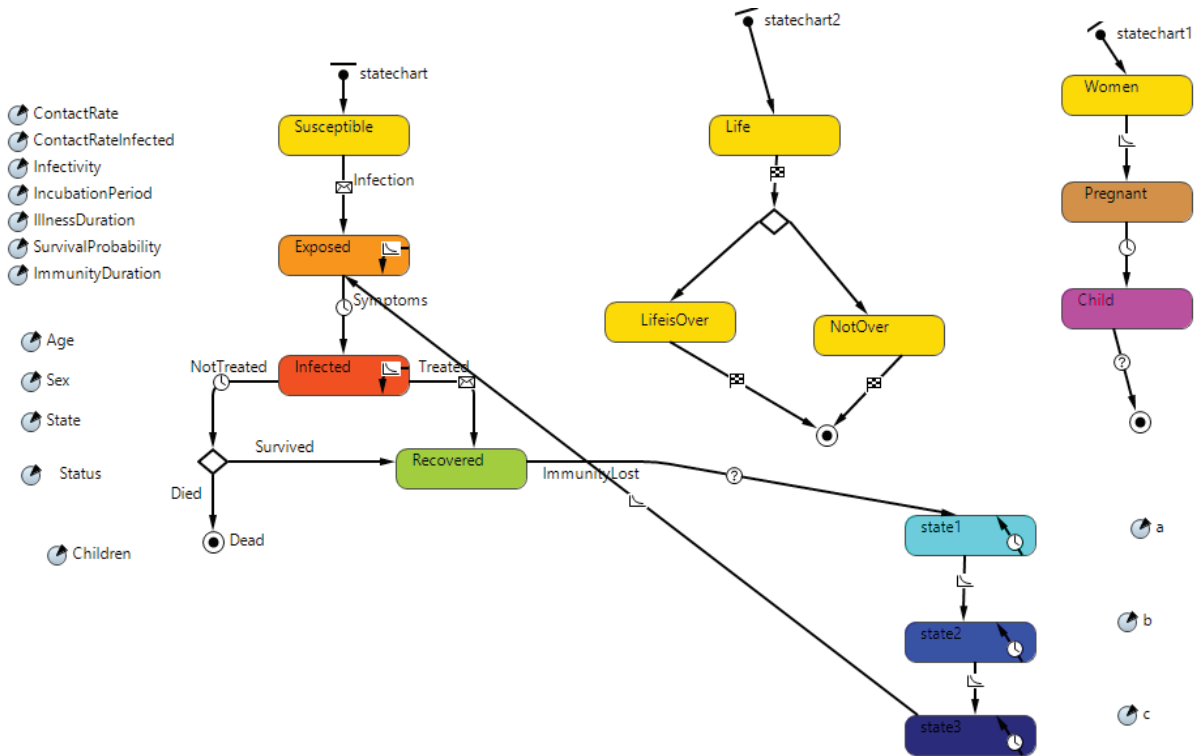


Рис. 1. Фрагмент тестовой модели изменения состояний агентов

Пример визуализации начала реализации вычислительного эксперимента на основе дискретно-событийного и многоагентного моделирования приведен ниже. Три цвета на графике соответствуют трем группам состояний пациентов медицинского учреждения паллиативной медицины. Как видно, некоторое время эксперимента затрачивается на переход в относительно стационарный режим.

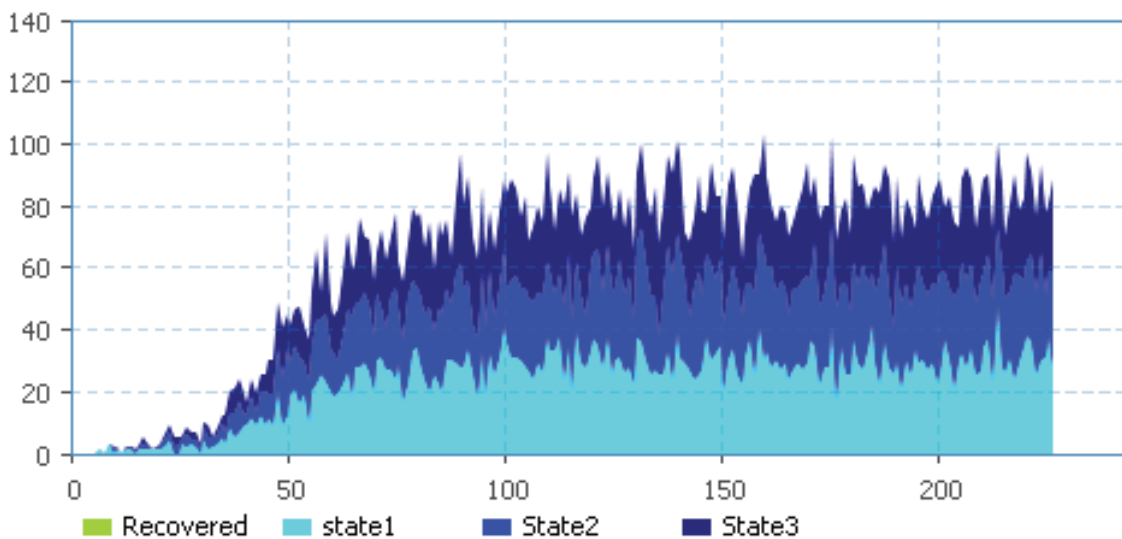


Рис. 2. Изменение количества пациентов различных групп в начале моделирования

При этом популяция агентов, соответствующая (путем калибровки параметров) популяции г. Санкт-Петербург, визуализируется с использованием кодового представления агентов разным цветом в различных состояниях при их рождении, жизни, заражении, лечении и смерти.

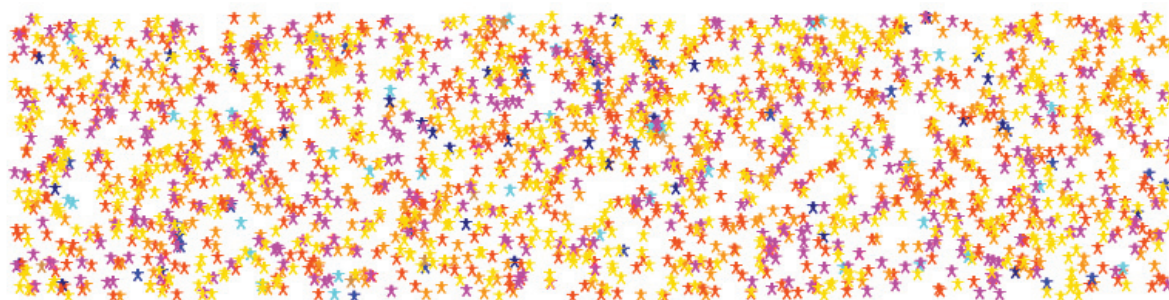


Рис. 3. Популяция агентов в начале моделирования

В стационарном режиме работы имитационной модели за счет эксперимента калибровки реализовался подбор характеристик моделей так, чтобы результаты моделирования лучшим образом соответствовали наблюдаемым результатам функционирования учреждений паллиативной медицины в г. Санкт-Петербург (рис. 4).

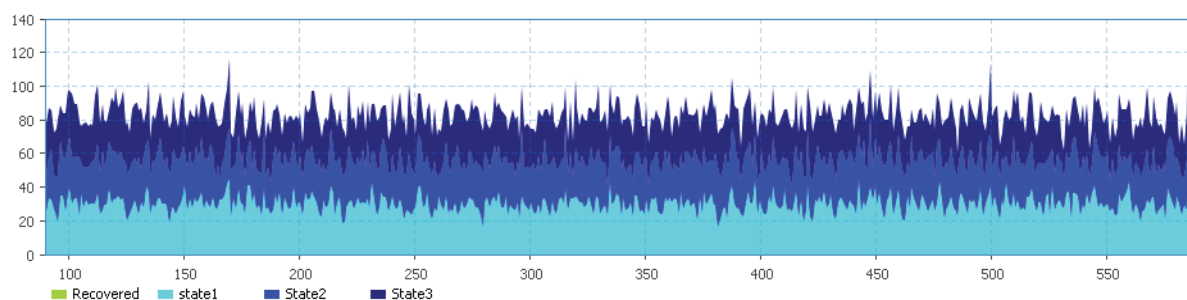


Рис. 4. Изменение количества пациентов различных групп к концу моделирования

В результате решения задач были получены модели, позволяющие оценивать качество жизни пациентов паллиативной медицины, обоснованы аналитические зависимости, связывающие показатель качества жизни пациентов от характеристик медицинского учреждения и его функционирования. Был выполнен калибровочный эксперимент и на разработанных моделях получены результаты, соответствующие наблюдаемым на практике в г. Санкт-Петербург результатам паллиативного лечения. Был сделан вывод о предпочтительности многоподходного моделирования на основе многоагентного моделирования и дискретно-событийных моделей по сравнению с многоподходным моделированием как с использованием многоагентного моделирования и дискретно-событийных моделей, так и с использованием моделей системной динамики для описания изменений состояний пациентов.