

УДК 004.94

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ

А.С. Рагузин, Н.Г. Губанов

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Авторы продолжают исследование процесса синхронизации шкал времени информационных систем для решения задачи поддержания единого времени на энергообъектах региональной электросетевой компании. Рассмотрены методы имитационного моделирования процесса мониторинга работы системы синхронизации времени, основанной на NTP-синхронизации. Представлена дискретно-событийная модель, разработанная в среде компьютерного моделирования AnyLogic, которая позволяет выявить узкие места системы и оценить меры по их устранению. На основе выбранных начальных данных для модели проведено несколько экспериментов, в том числе по оптимизации системы. Приведенные результаты компьютерного моделирования позволяют выбирать оптимальное значение количества устройств, входящих в систему синхронизации времени, либо администраторов, обслуживающих ее.

Ключевые слова: система синхронизации времени, имитационное моделирование, дискретно-событийная модель, управление, мониторинг, эксперимент, оптимизация, anylogic.

Одной из важнейших задач сегодня является поиск недорогих способов увеличения эффективности и рациональности функционирования различного рода систем и объектов. Необходимо определить оптимальные средства, которые позволят заранее определить возможные риски и минимизировать их. Своевременный анализ планируемых изменений поможет избежать многих проблем, повысить качество и оперативность принимаемых управленческих решений. Одним из основных инструментов анализа, который позволяет оценить результативность изменений, планируемых к применению, является имитационное моделирование.

Вопросам имитационного моделирования уделено внимание в многочисленных работах российских и зарубежных ученых, например таких, как Каталевский Д.Ю. [1], Sterman J.D. и др. Однако остаются слабо разработанными вопросы применения имитационного моделирования в задачах моделирования систем синхронизации времени (ССВ).

В статьях [2] и [3] были рассмотрены вопросы организации типовой комплексной ССВ информационных систем распределительной сетевой компании (РСК), а также методики и средства для организации мониторинга работы этой системы. В [4] рассмотрена задача построения функциональной модели ССВ, основанной на протоколе NTP, оптимальной для решения задачи поддержания единого времени на энергообъектах региональной электросетевой компании.

Целью данной статьи является рассмотрение задач имитационного модели-

Николай Геннадьевич Губанов (к.т.н., доц.), заведующий кафедрой «Автоматизация и управление технологическими процессами».

Алексей Сергеевич Рагузин, аспирант.

рования в процессе принятия управленческих решений, связанных с процессом мониторинга работы ССВ.

Использование имитационной модели делает возможным прогнозирование и анализ всевозможных ситуаций, которые не происходили ранее, но могут произойти в будущем. С ее помощью возможно оценить критичность некоторых параметров и облегчить построение теоретических моделей, а также организовывать эксперименты, которые зачастую не представляется возможным провести в реальной ситуации. Кроме этого, они позволяют легко отслеживать динамику процесса.

В качестве инструмента для моделирования выбрана система AnyLogic. Она разработана компанией The AnyLogic Company на основе современных концепций в области информационных технологий и результатов исследований в теории гибридных систем и объектно-ориентированного моделирования [5].

В [2] предлагается организовать мониторинг работоспособности процесса синхронизации, основываясь на анализе и обработке сообщений, поступающих в единый центр со всех устройств, входящих в ССВ, об ошибках и предупреждениях в работе того или иного параметра протокола NTP:

- об остановке службы времени;
- о сбоях в процессе синхронизации;
- о превышении смещения времени локальных часов и часов на сервере;
- о превышении заданного уровня Stratum NTP-сервера, с которым происходит синхронизация.

Логика создаваемой модели представлена на рис. 1.

Рассмотрим объекты представленной модели.

Объект *Source* создает заявки. В контексте проводимого исследования с определенной периодичностью генерирует сообщения об ошибках и предупреждениях (Type_1...4), возникающих на устройствах ССВ.

Объект *Service* захватывает для поступившей заявки заданное количество ресурсов (заданных объектом *ResourcePool*), задерживает заявку на определенное время, а затем освобождает захваченные ею ресурсы. Имитируется задержка на решение одной ошибки (solution_type_1...4) или предупреждения администратором(-ами) системы.

Объект *ResourcePool* задает набор ресурсов, которые могут захватываться и освобождаться заявками с помощью объекта *Service*. Имитирует количество администраторов системы (administrators), работающих одновременно.

Объект *SelectOutput* направляет входящие заявки в один из двух выходных портов в зависимости от выполнения заданного условия. Имитирует приоритетность решения администратором сначала наиболее серьезных ошибок.

Объект *Sink* уничтожает поступившие заявки. Используется для подсчета решенных администратором ошибок.

Рассмотрим начальные данные для модели.

Предположим, что в сети ССВ используется 100 устройств (параметр модели num_Devices), которые круглосуточно (посменно) обслуживает один администратор (параметр модели num_Admins). Средства мониторинга на устройствах генерируют сообщения об ошибках и предупреждениях, представленные ниже.

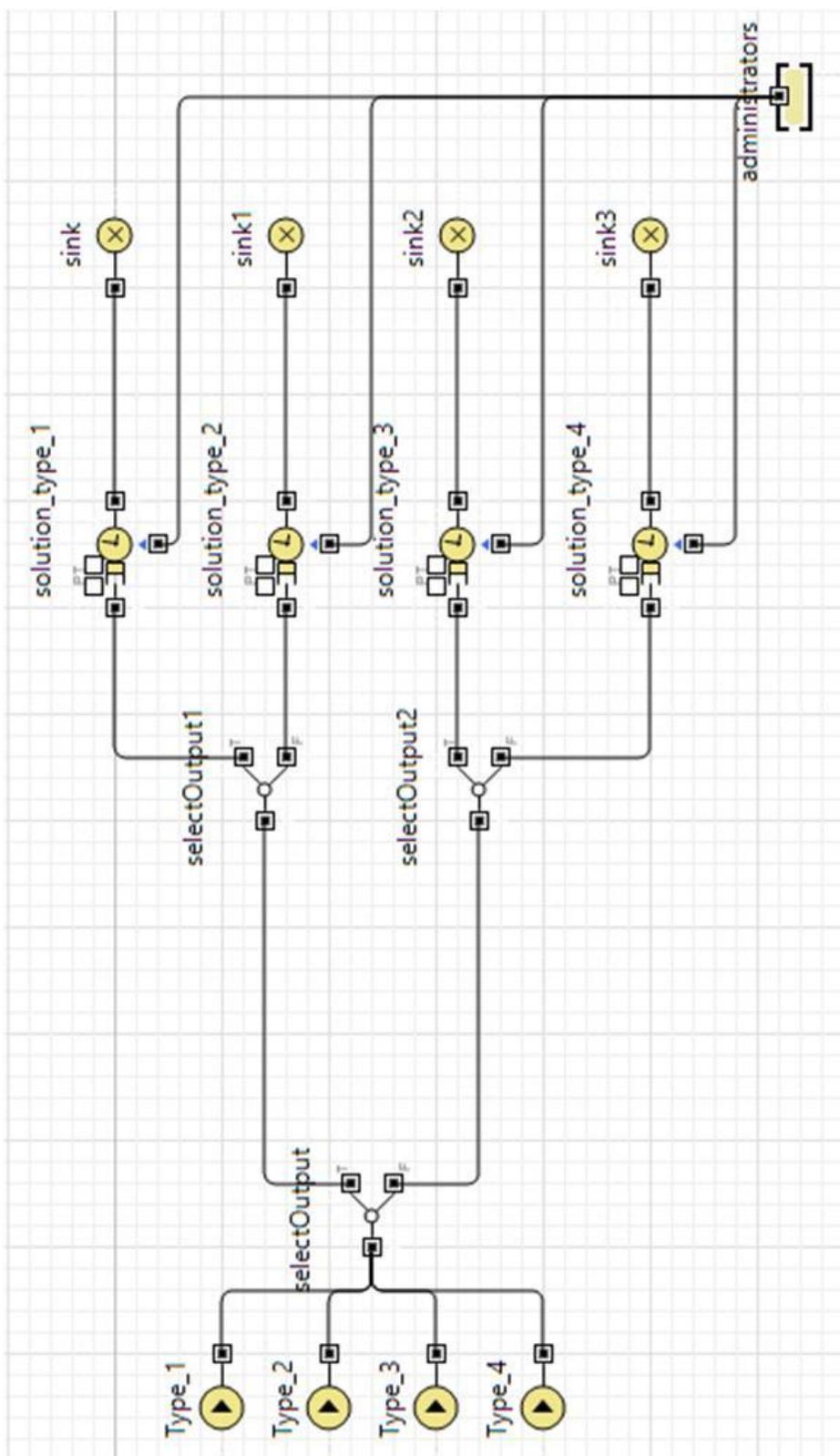


Рис. 1. Логика имитационной модели мониторинга ССВ

Сообщение об ошибке (Type_1) «Не работает служба NTP». Данное сообщение может возникнуть на одном устройстве согласно треугольному вероятностному распределению с минимальным значением 0 в месяц, максимальным – 1 в месяц и наиболее вероятным – 0 в месяц. Таким образом, интенсивность прибытия сообщений Type_1 от всех устройств определяется:

$$\text{Интенсивность прибытия} = \text{triangular}(0/(30*\text{day}()), 1/(30*\text{day}()), 0/(30*\text{day}())) * \text{num_Devices}.$$

На разрешение одной такой ошибки администратор затрачивает время, которое также определяется по треугольному вероятностному распределению с минимальным значением 1 час, максимальным – 8 часов и наиболее вероятным – 2 часа:

$$\text{Время задержки} = \text{triangular}(1*\text{hour}(), 8*\text{hour}(), 2*\text{hour}()).$$

Сообщение об ошибке (Type_2) «Сбой в процессе синхронизации». По интенсивности прибытия такие сообщения аналогичны сообщению Type_1:

$$\text{Интенсивность прибытия} = \text{triangular}(0/(30*\text{day}()), 1/(30*\text{day}()), 0/(30*\text{day}())) * \text{num_Devices}.$$

На разрешение одной такой ошибки администратор затрачивает время, которое определяется по треугольному вероятностному распределению с минимальным значением 1 час, максимальным – 16 часов и наиболее вероятным – 4 часа:

$$\text{Время задержки} = \text{triangular}(1*\text{hour}(), 16*\text{hour}(), 4*\text{hour}()).$$

Сообщение о предупреждении (Type_3) «Превышение максимально разрешенного значения смещения Offset». Данное сообщение может возникнуть на одном устройстве согласно треугольному вероятностному распределению с минимальным значением 0 в день, максимальным – 2 в день и наиболее вероятным – 1 в день:

$$\text{Интенсивность прибытия} = \text{triangular}(0/\text{day}(), 2/\text{day}(), 1/\text{day}()) * \text{num_Devices}.$$

Администратор затрачивает на обработку такого предупреждения время, которое определяется по треугольному вероятностному распределению с минимальным значением 0,1 часа, максимальным – 0,5 часа и наиболее вероятным – 0,2 часа:

$$\text{Время задержки} = \text{triangular}(0.1*\text{hour}(), 0.5*\text{hour}(), 0.2*\text{hour}()).$$

Сообщение о предупреждении (Type_4) «Превышение максимально разрешенного уровня Stratum». Данное сообщение может возникнуть на одном устройстве согласно треугольному вероятностному распределению с минимальным значением 0 в день, максимальным – 1 в день и наиболее вероятным – 0 в день:

$$\text{Интенсивность прибытия} = \text{triangular}(0/\text{day}(), 1/\text{day}(), 1/\text{day}()) * \text{num_Devices}.$$

Администратор затрачивает на обработку такого предупреждения время, которое определяется по треугольному вероятностному распределению с минимальным значением 0,1 часа, максимальным – 0,5 часа и наиболее вероятным – 0,2 часа:

$$\text{Время задержки} = \text{triangular}(0.1*\text{hour}(), 0.5*\text{hour}(), 0.2*\text{hour}()).$$

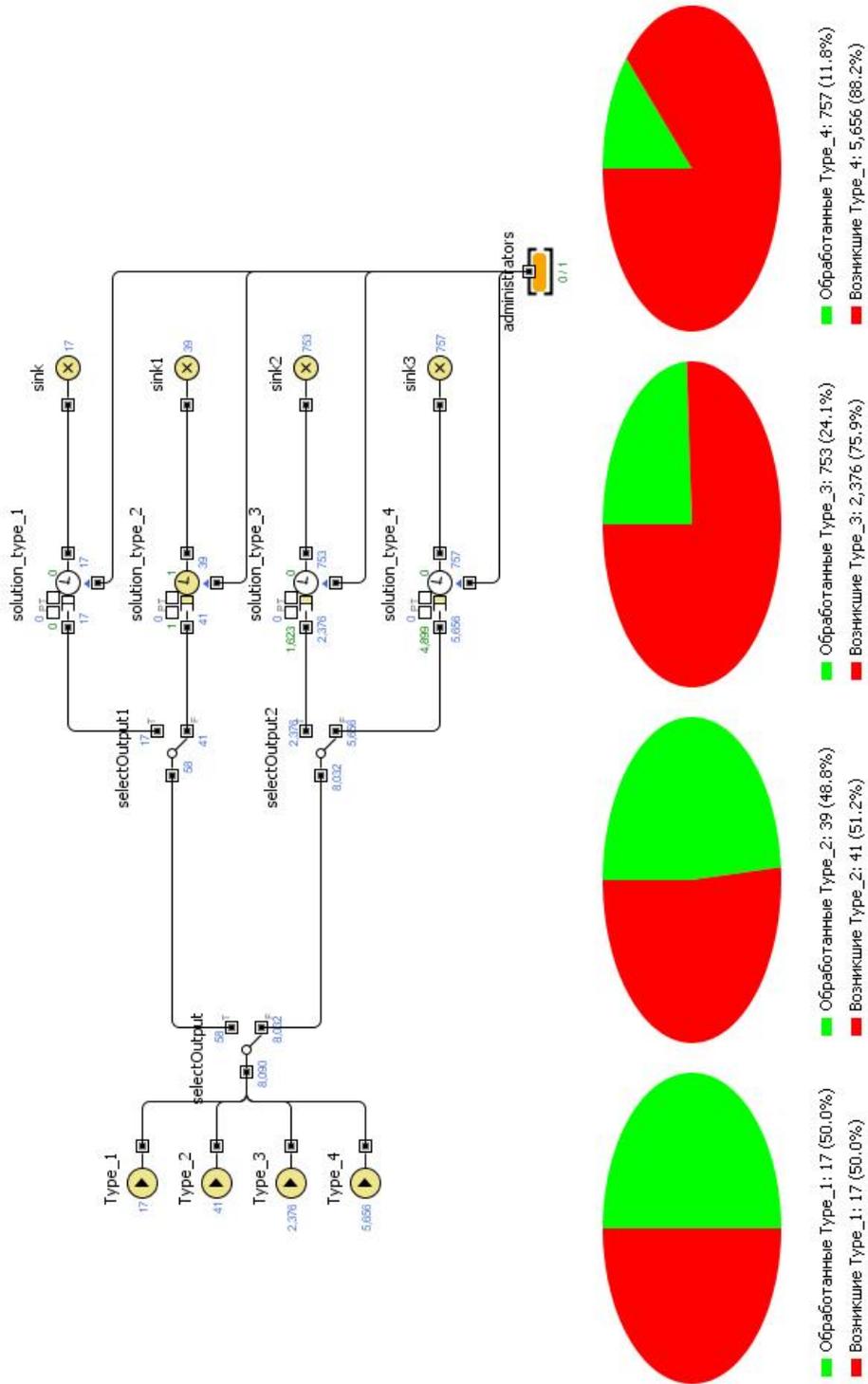


Рис. 2. Результат выполнения модели

Обработку поступающих сообщений администратор ведет со следующими приоритетами: Type_1 – 4, Type_2 – 3, Type_3 – 2, Type_4 – 1.

Выполнив модель для периода модельного времени в один месяц (744 часа) для ССВ количеством 100 устройств, получают выходные данные (рис. 2). Анализируя диаграммы, можно сделать вывод, что администратор не успел обработать одно критичное сообщение об ошибке Type_2 и множество некритичных предупреждений Type_3 и Type_4.

Для повышения качества и оперативности принимаемых управленческих решений необходимо подобрать оптимальное количество устройств для ССВ, по которым один администратор сможет обслуживать возникающие ошибки и предупреждения. Для этого создается эксперимент «Оптимизация», где в качестве функции, возвращаемое значение которой необходимо максимизировать, указывается параметр num_Devices. Приемлемым условием эксперимента будет считаться отсутствие необработанных ошибок Type_1 и Type_2 за один месяц. Количество устройств с каждой итерацией эксперимента будет изменяться от 40 до 150 с шагом 10. Для каждой итерации будет выполняться 5 реплик эксперимента.

На рис. 3 видно, что за один месяц один администратор может без труда обслуживать ССВ с количеством устройств, равным 70.

Monitoring SSV : Optimization

Оптимизационный эксперимент

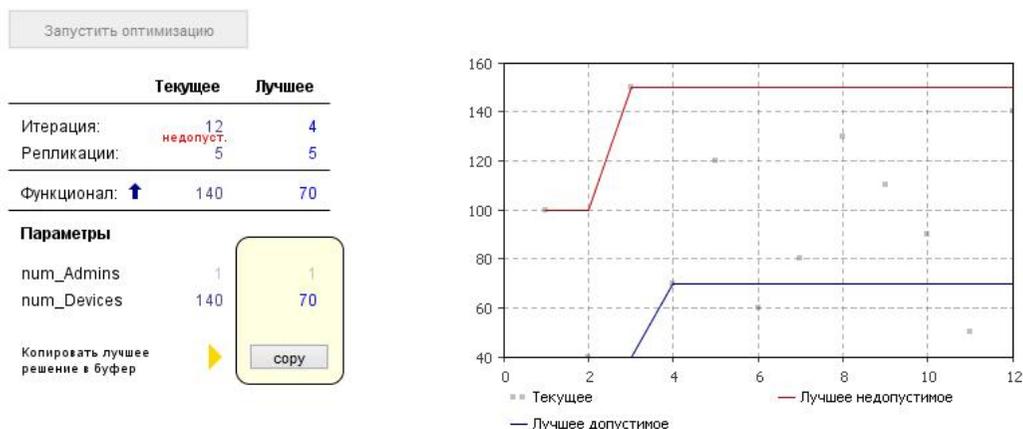


Рис. 3. Результат эксперимента по оптимизации

Таким образом, предложенная дискретно-событийная модель процесса обработки аварийных событий системы синхронизации времени, построенная в среде моделирования Any Logic, позволяет выявить узкие места системы и оценить меры по их устранению. В частности, определено максимальное количество возможных устройств ССВ, сообщения об ошибках с которых может обрабатывать один администратор ССВ при определенных вероятностях появления таких сообщений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Каталевский Д.Ю.* Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: Учеб. пособие. – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 304 с.
2. *Рагузин А.С., Шишков М.А., Носенко А.Ф.* Синхронизация времени гетерогенных информационных систем технологических объектов региональной электросетевой компании // Электро-

- энергетика глазами молодежи: научные труды международной научно-технической конференции: сборник статей. – Самара: СамГТУ, 2011. – Т. 2. – С. 7-12.
3. *Рагузин А.С., Шишков М.А., Носенко А.Ф.* Мониторинг синхронизации времени информационных систем технологических объектов региональной электросетевой компании // Электроэнергетика глазами молодежи: научные труды III междунар. науч.-техн. конф.: сборник статей. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – Т. 2. – С. 58-61.
 4. *Рагузин А.С., Губанов Н.Г.* Моделирование системы синхронизации времени информационных систем региональной электросетевой компании // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – № 1. – С. 21–28.
 5. *Боев В.Д.* Компьютерное моделирование: Пособие для практических занятий, курсового и дипломного проектирования в AnyLogic 7. – СПб.: ВАС, 2014. – 432 с.

Статья поступила в редакцию 2 июня 2015 г.

SIMULATION MODELING THE TASK OF CONSTRUCTING SYSTEM TIME SYNCHRONIZATION

A.S. Raguzin, N.G. Gubanov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

The authors continue to research the time-scale information- systems synchronization to solve the problem of maintaining the same time at the power facilities of the regional grid company. The paper describes the simulation modeling techniques of monitoring the work of the time-synchronization system based on the NTP synchronization. A discrete-event model developed in the AnyLogic computer modeling is presented, which allows the system to identify the bottlenecks and to evaluate the measures for their elimination. On the basis of the selected initial data for the model, we conducted several experiments, including those on the system optimization. The results of the computer simulation allow to select the optimum number of devices for the time-synchronization system to contain or that of system managers to maintain it.

Keywords: *system time synchronization, simulation modeling, discrete-event model, management, monitoring, experiment, optimization, anylogic.*