

**ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОПТИМИЗАЦИЯ НА ОСНОВЕ
НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТАМОДЕЛЕЙ И ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В
СРЕДЕ GPSS WORLD****Д. И. Усанов (Казань)**

Для проведения эффективного исследования с использованием имитационного моделирования недостаточно разработать имитационную модель, соответствующую реальному объекту исследования с заданной точностью. Необходимо также провести правильно спланированную серию экспериментов и правильно проанализировать и интерпретировать результаты моделирования.

Среда GPSS World обеспечивает проведение экспериментов 3 типов:

- отсеивающие эксперименты – используются для определения наиболее важных факторов, влияющих на моделируемую систему;
- оптимизирующие эксперименты – позволяют определить оптимальные уровни факторов;
- эксперименты пользователя – эксперименты над моделью, программируемые пользователем.

Таким образом, среда GPSS предоставляет богатый функционал для проведения экспериментов над моделями, однако эти средства являются весьма неудобными и в больших имитационных приложениях их часто бывает недостаточно. Так, GPSS World не позволяет сохранять результаты проведенного эксперимента. Программирование пользовательских экспериментов открывает перед исследованием практически неограниченные возможности по работе с моделью. Однако, для того, чтобы воспользоваться предоставляемыми средствами, исследователю необходимо в совершенстве овладеть языком программирования GPSS, что является существенным недостатком. Также в GPSS World отсутствуют средства представления результатов эксперимента в удобной и наглядной форме.

В данной статье рассматривается разработанная подсистема планирования эксперимента, которая позволяет формировать различные планы эксперимента, обладает богатыми средствами представления и анализа результатов эксперимента как по всей серии наблюдений, так и по каждому наблюдению в отдельности. Результаты эксперимента размещаются в базе данных и могут быть проанализированы в любое время, что позволяет сравнивать результаты различных моделей в различные моменты времени.

В дополнении к подсистеме планирования эксперимента была разработана подсистема оптимизации, которая позволяет находить оптимальное значение показателей эффективности функционирования моделируемой системы на основе проведенного эксперимента. Поисковый алгоритм оптимизации использует значения отклика, полученные на основе прогонов имитационной модели по сформированному плану эксперимента.

Описанные выше подсистемы планирования эксперимента и оптимизации реализованы в виде автономных программных компонент, написанных на языке C#.Net, которые могут быть интегрированы в любое имитационное приложение, использующее в качестве моделирующего ядра систему GPSS World. Обе подсистемы обладают удобным и интуитивно понятным программным интерфейсом (API), что позволяет легко и быстро осуществлять их подключение.

Подсистема планирования эксперимента позволяет формировать планы ПФЭ, ДФЭ, ОЦКП, РЦКП, а также произвольный пользовательский эксперимент, в котором все значения факторов задаются явно исследователем. Методы построения планов эксперимента реализованы в виде dll-библиотек, плагинов, что позволяет с легкостью

расширять возможности подсистемы планирования эксперимента, добавляя методы планирования.

На рис. 1 представлен внешний вид подсистемы планирования эксперимента.

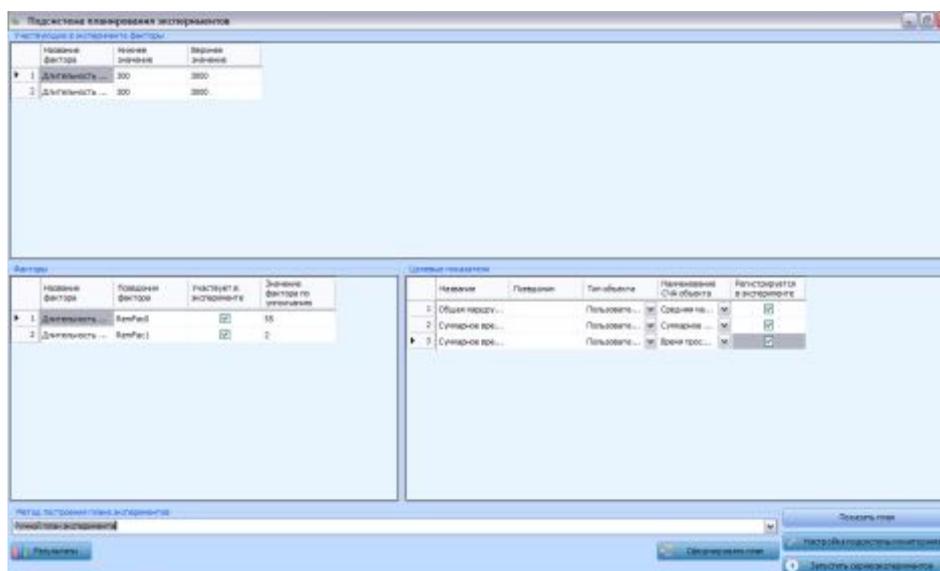


Рис. 1. Внешний вид подсистемы планирования эксперимента

Исследователь может выбирать факторы, значения которых необходимо варьировать в рамках планируемой серии наблюдений. Для каждого фактора задаются минимальное и максимальное значение, а также значение фактора по умолчанию, которое будет использоваться в модели в том случае, если его значение не изменяется в рамках эксперимента.

Также исследователь выбирает перечень показателей эффективности, значения которых необходимо регистрировать. Кроме СЧА объектов GPSS World в качестве показателей эффективности могут использоваться производные величины, рассчитываемые на основе значений СЧА объектов. Для этого имеется возможность динамического подключения библиотеки с формулами расчета производных показателей эффективности.

Для сбора данных подсистема планирования эксперимента использует подсистему динамического мониторинга, которая позволяет отслеживать также и динамику изменения значений показателей эффективности во времени в течение каждого наблюдения.

По завершению моделирования все результаты сохраняются в базе данных и могут быть в дальнейшем проанализированы. На рис. 2 представлены результаты серии наблюдений в табличном и графическом виде. На рис. 3 представлен пример отображения динамики изменения значения показателя в рамках одного наблюдения на примере изменения дислокации локомотива в процессе моделирования.

Полученные результаты эксперимента могут быть использованы для оптимизации одного из показателей эффективности. Одной из основных проблем оптимизации на основе имитационного моделирования является проблема длительности прогонов имитационной модели. Учитывая тот факт, что планирование эксперимента позволяет добиться заданной точности при наименьших затратах, т.е. при наименьшем числе прогонов имитационной модели, можно построить метамодель и проводить оптимизацию с метамоделью, что позволит существенно сократить время поиска наилучшего значения оптимизируемого показателя эффективности. Метамоделью принято называть приближенную математическую модель, полученную в результате проведения серии наблю-

дений с имитационной моделью. Для построения метамодели используются нейронные сети, которые обладают мощной аппроксимирующей способностью. Обучив нейронную сеть на полученных при выполнении эксперимента результатах, можно проводить оптимизацию, не осуществляя дополнительные прогоны имитационной модели.

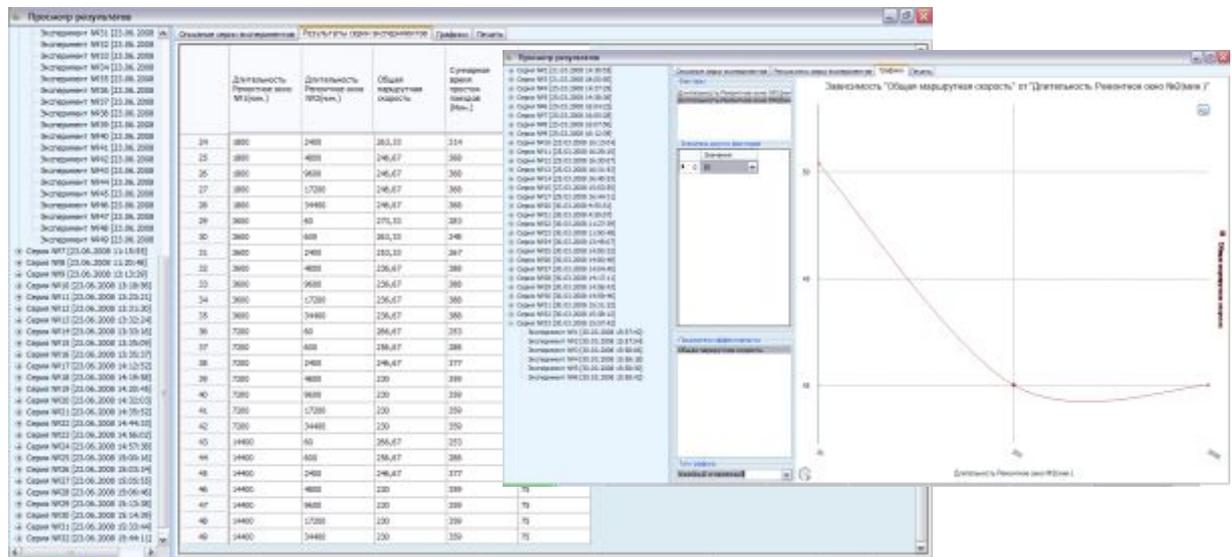


Рис. 2. Результаты эксперимента в табличном и графическом виде

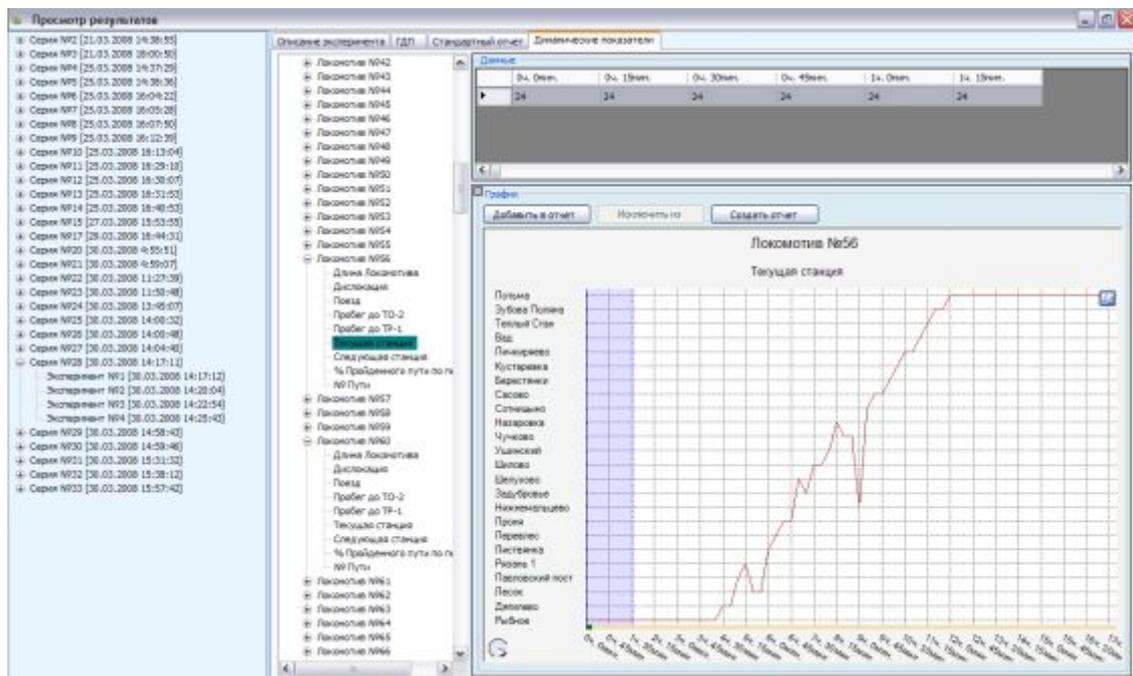


Рис. 3. Динамика изменения дислокации локомотива во времени

Для проведения оптимизации были выбраны генетические алгоритмы, однако можно применять и другие методы оптимизации. Функции приспособленности на каждом шаге генетического алгоритма рассчитываются не прогоном имитационной модели, а с помощью обученной нейронной сети. Подсистема оптимизации обладает удобным интерфейсом. Исследователь может сконфигурировать нейронную сеть, провести

обучение и задать параметры генетического алгоритма. Соответствующие экранные формы представлены на рис. 4.

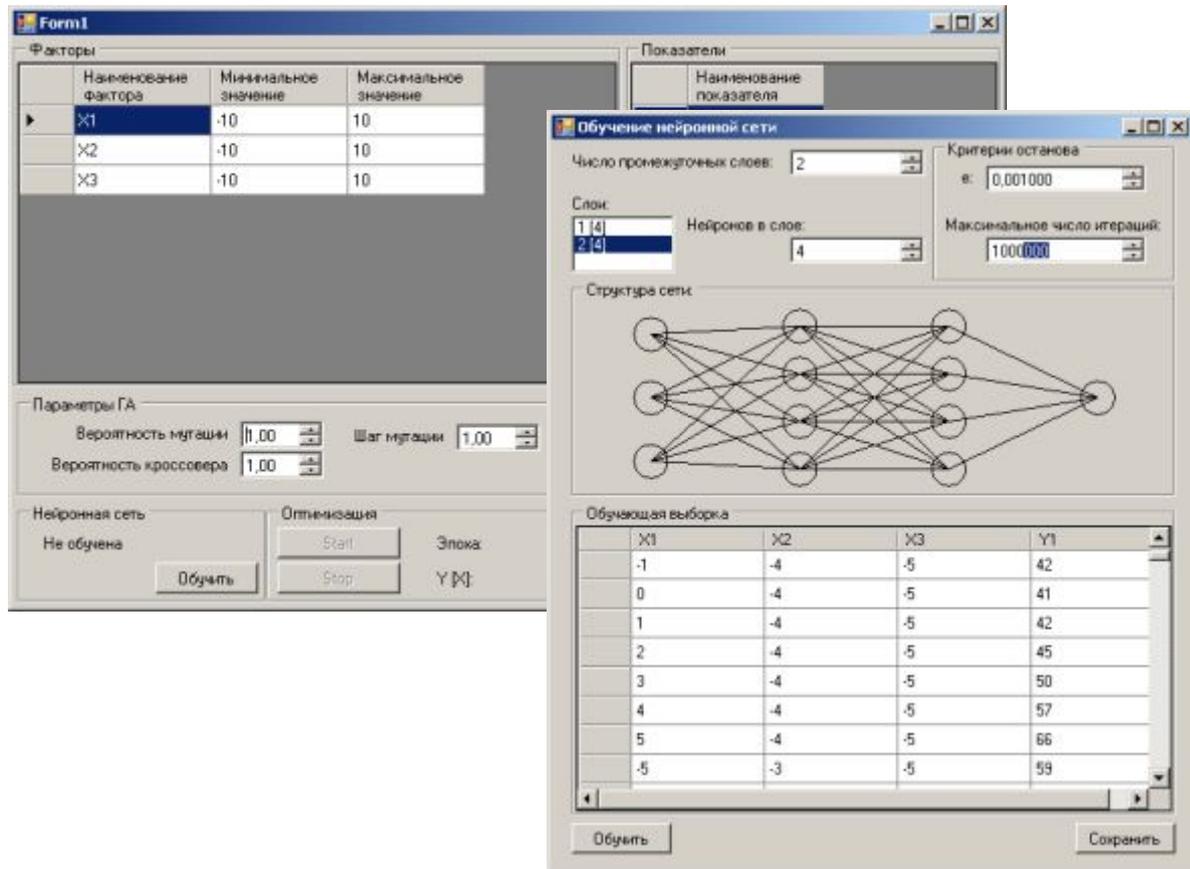


Рис. 4. Экранные формы настройки подсистемы оптимизации