

АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ ТАКТИКЕ БОРЬБЫ С ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ С ПОМОЩЬЮ ВЛОЖЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Г.А. Доррер, С.С. Москалева, Г.М. Рудакова, С.В. Яровой

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный технологический университет»
660049, Красноярск, пр. Мира 82; e-mail: g_a_dorrrer@mail.ru

Охрана лесов от пожаров — одна из важных задач в общей проблеме защиты биологической среды. Как показывают отечественный и зарубежный опыт, для улучшения охраны лесов недостаточно развития и совершенствования только технических средств борьбы с огнем. В последнее время все большее значение приобретают рациональная организация и эффективное управление работой людей и техники, занятых охраной лесов от пожаров. Появляется необходимость создания систем различного уровня для обучения персонала, занятых в охране лесов от пожаров.

В разработанной авторами системе «Тайга» реализованы следующие функции:

- моделирование динамики распространения пожара;
- моделирование процесса локализации пожара;
- создание баз данных по средствам тушения и локализации лесных пожаров;
- создание карт местности, на которых моделируется пожар;
- управление игровой ситуацией;
- подсчет результатов игры.

В статье обращается внимание на модель процесса обучения принятию решений по борьбе с пожарами, который может быть описан с помощью вложенных сетей Петри (Nested Petri Nets). Такие сети — один из современных инструментов агентного моделирования и исследования систем, обладающих определенной независимостью и собственной активностью. Эти черты делают привлекательным их использование при моделировании учебного процесса, проводимого группой обучаемых при интерактивном компьютерном обучении. В данной работе предлагается двухуровневая модель обучения, состоящей из центральной системы и набора систем-сателлитов, моделирующих поведение отдельных учащихся.

Ключевые слова: охрана лесов от пожаров, агентное моделирование, вложенные сети Петри, моделирование процесса обучения

Protection of forests from fires - one of the most important tasks in the general problem of the protection of biological environment. As the domestic and foreign experience, to improve the protection of forests is not enough only to develop and improve the technical means to combat the fire. In recent years become increasingly important rational organization and efficient management of the work of people and vehicles involved protection of forests from fires. It becomes necessary to create different levels of training systems for the personnel engaged in the protection of forests from fires.

Developed by authors system «Taiga» has the following features:

- modeling of the dynamics of the spread of fire;
- modeling of fire localization process;
- creation of databases on means extinguishing and localization of forest fires;
- creation of maps of the area, which is modeled on the fire;
- control the game situation;
- counting the game results.

Training process may be described with help the Nested Petri nets as one of the modern instruments of modeling and investigations the systems which have some independence and proper activity. These features permit to use its in learning process modeling when group of students teaches in interactive mode. In the work presented the two-level learning process model offers, which consists the central system and set of satellite systems for simulation the individual students behavior.

Key words: protection of forests from fires, agent modeling, nested Petri nets, learning process modeling.

ВВЕДЕНИЕ

В СибГТУ в 90-е годы была разработана компьютерная система «Тайга», предназначенная для обучения студентов вузов и техникумов лесохозяйственно-го профиля, а также персонала служб лесной охраны и МЧС основам тактики борьбы с лесными пожарами (Доррер, 2008). Эта система в свое время достаточно активно использовалась, однако сейчас она перестала удовлетворять требованиям пользователей и потребовала существенной переработки.

Новая версия системы имеет клиент – серверную архитектуру и содержит следующие компоненты системы:

- модуль «Техника» — обеспечивает ведение базы данных по средствам тушения и локализации лесных пожаров, задание скорости тушения для различных типов и классов интенсивности пожаров;
- модуль «Полигон» — обеспечивает ведение базы данных по полигонам. Под полигоном в данном случае понимается область карты местности, обла-

дающая однородными характеристиками горимости (например, полигон «Сосняк разнотравный»);

- модуль «Характеристики пожара» – обеспечивает ведение справочной информации о типах пожара, классах интенсивности пожара, скоростях распространения, индикатрисах;
- модуль «Игра» – предназначен для моделирования обстановки распространения пожара (задание очага возгорания на выбранной карте местности, задание метеоусловий, выбор техники локализации и тушения);
- модуль «Модель расчета» – включает в себя алгоритмы расчета распространения пожара;
- модуль «Карта» – включает в себя инструменты по созданию новых карт местности;
- модуль «Администратор» – предназначен для управления правами доступа к системе, компонентам системы, добавления и исключения пользователей.

Создание новой версии системы потребовало также пересмотра методики преподнесения материала обучаемым. В настоящее время прогресс в мировой педагогике во многом связывают с переходом к личностно ориентированному образованию, при котором учащийся не просто осваивает сумму знаний под руководством педагога, а учится самостоятельно добывать и применять полученные знания и компетенции на практике. В этом отношении интерактивное, т.е. в значительной мере самостоятельное обучение с использованием современных информационных технологий – одно из важнейших направлений совершенствования системы образования, в том числе и в России. Быстрое развитие телекоммуникаций, и в особенности сети Интернет создало технологическую основу для обмена информацией между организациями и отдельными лицами, вне зависимости от их социального статуса, государственной принадлежности, географического положения и явилось мощным стимулом развития дистанционного образования.

Несмотря на значительные успехи интерактивного обучения, сегодня существует немало нерешенных проблем. К ним мы в первую очередь относим разработку инженерных методов создания систем компьютерного обучения как своеобразных информационных систем с использованием современных методологий и технологий разработки таких систем. Кроме того, актуально создание методов априорной оценки дидактических и эксплуатационных характеристик разрабатываемых обучающих систем. Решение указанных проблем предполагает наличие моделей, адекватно описывающих все стороны процесса обучения – функциональных, информационных, динамических. В работах авторов (Доррер, 2001, Доррер, 2004) для описания динамики процесса обучения были предложены модели, основанные на формализме сетей Петри и на тесно связанной с ним теорией цепей Маркова. Однако предложенные ранее модели описывали только взаимодействие отдельного учащегося с обучающей системой. В то же время в современном образовании важную роль имеет умение учащихся работать в коллективе, взаимодействовать при выполнении проектов. Один из возможных путей моделирования процессов

коллективной работы учащихся связан, на наш взгляд, с применением сравнительно нового класса сетевых моделей – вложенных сетей Петри, реализующих мультиагентный подход к моделированию систем.

Настоящая статья посвящена изложению основных принципов моделирования распределенных систем с помощью указанного формализма. В первой части статьи приведены краткие сведения по теории таких сетей. Во второй части предложена простая модель взаимодействия учащегося с обучающей системой и другими учащимися.

ВЛОЖЕННЫЕ СЕТИ ПЕТРИ

Рассмотрим расширение сетей Петри, которое оказывается полезным при моделировании учебного процесса. Речь идет о так называемых вложенных сетях Петри (*Nested Petri Nets – NPN*) (Доррер, 2004, Ломазова, 2004).

Появление указанной разновидности сетей Петри связано с желанием исследователей иметь инструмент для адекватного и удобного представления систем со сложной иерархической и мультиагентной структурой.

Вложенные сети Петри представляют собой расширение стандартного формализма сетей Петри, в котором фишки, представляющие локальные ресурсы в позициях системной сети, сами могут быть сложными объектами с сетевой структурой и моделироваться сетями Петри нижнего уровня – их мы будем называть сателлитными сетями.

Структурно такая сеть состоит из системной сети SN и набором сетей-фишек (сателлитов) $EN_i, i = 1, \dots, n$. При этом между некоторыми переходами системной сети и переходами сетей-фишек может быть установлена связь, разрешающая только их совместное срабатывание. Такие переходы называются помеченными.

Функционирование сетей, входящих в NPN , в значительной мере совпадает с функционированием традиционных сетей Петри. Отличие составляют механизмы синхронизации работы сетей Петри различного уровня. В связи с этим в NPN различают следующие четыре вида шагов срабатывания.

- Системно-автономный шаг, который соответствует срабатыванию непомеченного перехода в системной сети SN .
- Сателлитно-автономный шаг, который соответствует срабатыванию непомеченного перехода в сети-фишке EN_i .
- Шаг горизонтальной синхронизации, при котором одновременно срабатывают переходы в сетях-фишках EN_i , помеченные одинаковыми метками.
- Шаг вертикальной синхронизации, при котором одновременно срабатывают переходы в системной сети SN и сетях-фишках EN_i , имеющие одинаковые метки.

Разумеется, при этом предполагается, что во всех сетях все участвующие в работе переходы являются активными, т.е. в их входных позициях имеются необходимые для срабатывания ресурсы.

Пример вложенной сети Петри рассмотрен ниже.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЛОЖЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Проиллюстрируем возможности вложенных сетей Петри для получения модели процесса обучения с подсистемами различного уровня. Нами ранее была рассмотрена модель процесса интерактивного обучения (Доррер, 2004), показанная на рисунке 1. В этой модели каждый обучаемый является агентом и моделируется одной фишкой, обозначаемой переменной var

s : *STUDENT*, которая соответствует целочисленному коду обучаемого. При этом информация об истории прохождения курса конкретным студентом теряется после того, как процесс обучения завершен. Кроме того, в модели на рисунке 1 не прослеживается процесс обучения в динамике, отсутствует возможность дифференцированного оценивания успешности обучения. Также не предусмотрена возможность неудачного завершения курса, поскольку число попыток изучения материала и тестирования не ограничено. И, наконец, нет возможности моделировать взаимодействие учащихся.

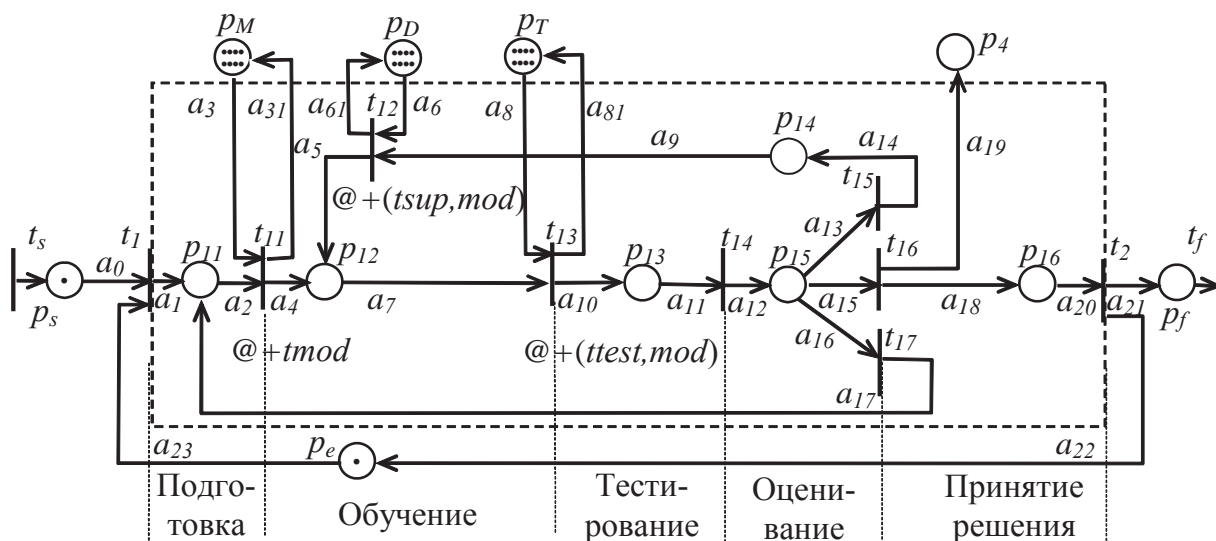


Рисунок 1. Системная сеть SN - раскрашенная сеть Петри с временным и вероятностным механизмами, моделирующая прохождение учебного курса

Функциональность системы можно улучшить, если моделировать поведение каждого обучаемого с помощью отдельной сети Петри. Тогда фишка, обозначаемая переменной s , станет агентом более высокого уровня, который моделируется сетью EN_s , где s – код обучаемого, как принято в на рисунке 1.

При этом получится вложенная сеть Петри, которая состоит из системной сети SN (она изображена на рисунке 1) и набора сателлитных сетей EN_s ($s=1,2,...$). Один из возможных вариантов сети EN_s представлен на рисунке 2.

Кратко поясним работу вложенной сети. На рисунке 2 позиции обозначены буквами q_i , $i=1,...,10$. Смысл позиций $q_1,...,q_6$ совпадает со смыслом позиций $p_{11},...,p_{16}$ на рисунке 1, остальные позиции относятся к оценке успешности обучения. Переходы $t_1, t_{11},...,t_{17}$ на обоих рисунках имеют один и тот же смысл. При этом черта над обозначением перехода на рисунке 2 означает наличие вертикальной синхронизации: одноименные переходы могут сработать только одновременно. Это означает синхронизацию следующих действий:

- приход обучаемого в систему (срабатывание перехода t_1), создание в системной сети SN сателлитной сети EN_s в виде фишки s ; в свою очередь, в сателлитной сети переменная s относится к цветовому множеству *STUDENT*;

- выбор учебного модуля и начало процесса обучения – срабатывание переходов t_{11} ;
- завершение процесса обучения и выбор тестов – срабатывание переходов t_{13} ;
- завершение процесса тестирования и переход к оцениванию – срабатывание переходов t_{14} ;
- принятие решения по результатам тестирования – срабатывание переходов: t_{15} - изучение дополнительного материала, t_{16} - завершение изучения модуля, t_{17} – повторное изучение всего материала.

Кроме описанных событий сеть EN_s позволяет оценить количество баллов, набранных учащимся в процессе изучения модуля. Для этого введены дополнительные ресурсы, задаваемые цветовыми множествами:

$Color\ BALL = integer$;
 $Color\ FAILURE = boolean$
 и соответствующие переменные:
 $var\ \beta: BALL, var\ \gamma: FAILURE$.

Переменная β означает количество баллов, набранных учащимся при выполнении модуля. Первоначально в позиции q_9 находится 100 баллов, а затем при каждой неудаче маркировка этой позиции уменьшается: при необходимости изучения дополнительного материала – на b_1 баллов, а при необходимости

повторного изучения всего курса – на b_2 баллов. При успешном завершении процесса обучения срабатывает переход t_5 , и в позицию q_{10} передается набранное учащимся количество баллов – число b .

Минимальное число баллов, при котором возможна положительная оценка, составляет b_0 баллов. Если текущее значение величины β окажется меньше b_0 , то процесс обучения признается неудачным, и переменная γ принимает значение *true*, которое передается в пози-

цию q_{10} при срабатывании перехода t_5 . Все остальные переходы при этом оказываются заблокированными.

В рассмотренном примере показана только вертикальная синхронизация, которая заключается в требовании одновременного срабатывания переходов в сетях SN и E_s . Возможно предусмотреть и горизонтальную синхронизацию между сетями E_s , что позволило бы моделировать совместную работу учащихся, например, при выполнении коллективного проекта.

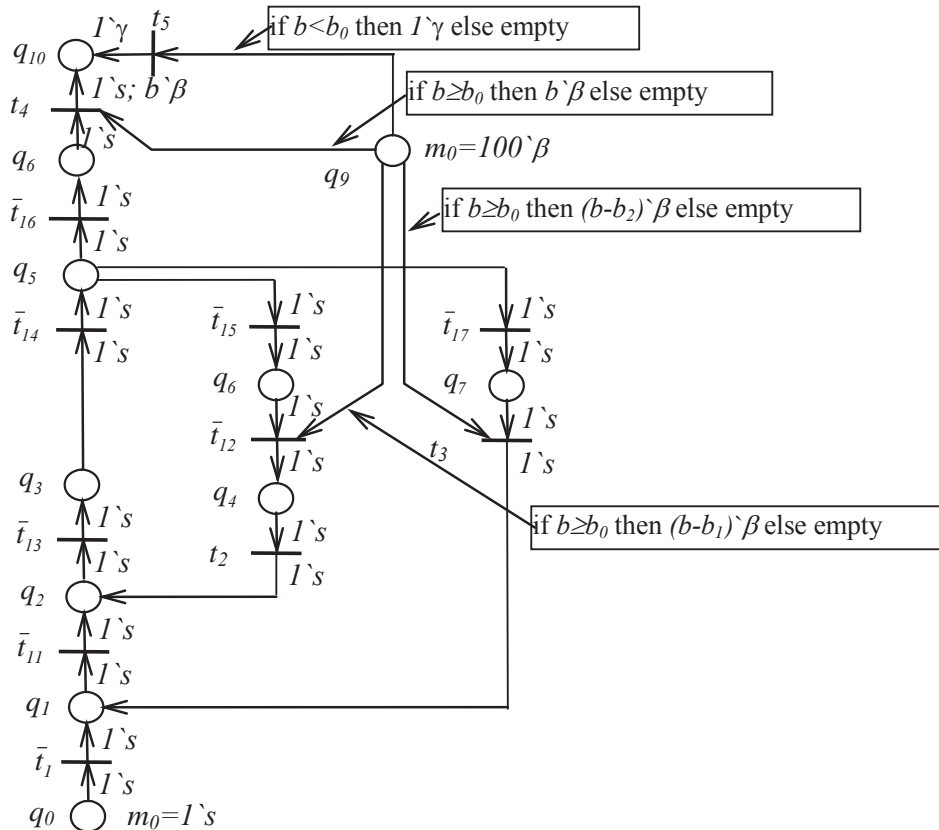


Рисунок 2. Вложенная сеть E_s

Например, можно было бы синхронизировать начало изучения материала. Однако в данной работе из-за ограниченности объема статьи мы такой вариант модели не рассматриваем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, мы видим, что использование вложенных сетей Петри расширяет возможность моделирования обучающих систем, в том числе, и при обучении тактике борьбы с природными пожарами, и позволяет проводить ранее недоступные исследования.

Разумеется, практическое использование предложенной модели возможно только при наличии соответствующего программного обеспечения, которое в настоящей работе не рассматривается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Доррер, Г.А. Динамика лесных пожаров / Г.А. Доррер. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008, - 404 с.
- Доррер, Г. А. Вероятностная модель процесса интерактивного обучения / Г.А. Доррер, Г.М. Рудакова, И.М. Горбаченко //Тез. докл. XI междунар. конф. по вычислит. математике и современным прикладным программным средствам. – М.:Истра : МАИ, 2001. – С. 176-178.
- Доррер, Г. А. Моделирование процесса интерактивного обучения на базе формализмов раскрашенных сетей Петри /Г.А. Доррер, Г.М. Рудакова //Вестн. Краснояр. гос. ун-та. – Красноярск : КрасГУ, 2004. - № 3:Физико-математические науки. – С 29-35.
- Ломазова И.А. Вложенные сети Петри: моделирование и анализ распределенных систем с объектной структурой./ И.А. Ломазова. – М.: Научный мир, 2004. – 208 с.
- Доррер Г.А. Технология моделирования и разработки учебных электронных изданий /Г.А. Доррер, Г.М. Рудакова, отв. ред. В.С. Соколов. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006, - 272 с.