

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## TECHNICAL SCIENCES

УДК 004.9:620.9  
ББК 32.973-018.2  
Б 94

### **Бучацкий Павел Юрьевич**

*Кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления инженерно-физического факультета Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 593911, e-mail: butch\_p99@mail.ru*

### **Шопин Андрей Викторович**

*Кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления инженерно-физического факультета Адыгейского государственного университета, Майкоп, тел. (8772) 571147, e-mail: ashop@adygnet.ru*

### **Программный модуль имитационного моделирования управления фотоветроэлектроэнергетической станцией**

*(Рецензирована)*

***Аннотация.** Рассматриваются принципы и этапы работы разработанного программного модуля для оценки эффективности методики нечеткого ситуационного управления на основе имитационного моделирования управления фотоветроэлектроэнергетической станцией.*

***Ключевые слова:** система управления, нечеткая логика, ситуационное управление, имитационное моделирование, возобновляемые источники энергии, фотоветроэлектроэнергетическая станция.*

### **Buchatsky Pavel Yuryevich**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Automated Systems of Processing Information and Control at Engineering-Physics Faculty, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 593911, e-mail: butch\_p99@mail.ru*

### **Shopin Andrey Viktorovich**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Automated Systems of Processing Information and Control at Engineering-Physics Faculty, Adyghe State University, Maikop, ph. (8772) 571147, e-mail: ashop@gip.ru*

### **Program simulation module for the control of photo-wind electro-power station**

***Abstract.** The paper describes the principles and stages of operation of the developed program module to assess efficiency of indistinct situational control technique basing on simulation of the control of the photo-wind electro-power station.*

***Keywords:** control system, fuzzy logic, situational control, simulation, renewables, photo-wind electro-power station.*

Программный модуль разработан для оценки эффективности методики нечеткого ситуационного управления на основе имитационного моделирования управления ФВЭС.

Программа может работать в двух режимах – режим оператора и режим администратора. В режиме оператора производится имитационное моделирование работы системы управления ФВЭС в реальном времени с выводом соответствующих графиков и диаграмм, а также возможна корректировка основных параметров блока моделей и блока ситуационного вывода. Использование режима администратора позволяет производить более глубокие и сложные изменения в структуре моделируемого объекта и системы управления, отследить результаты выполнения этапов методики более подробно, кроме того, предоставляет возможность управлять процессом выбора, загрузки и предобработки данных, ввода различных дополнительных характеристик структурных элементов объекта, установок-преобразователей и т.д.

Работу с программой можно представить в виде последовательности действий. Необходимо выполнить начальные действия по вводу структурных элементов объекта управле-

ния и их параметров, подробно определить соответствующие функциональные связи и ограничения. При этом может быть выбрано любое количество источников с различными характеристиками.

Для имитационного моделирования в качестве исходных данных поступления возобновляемой энергии брались данные статистических метеорологических наблюдений для географического расположения г. Краснодара.

В качестве исходных данных для моделей устройств генерации возобновляемой энергии и накопителей использовались характеристики оборудования серийного производства: ветрогенератор EnergyWind 5 кВт, солнечные панели EW-310W 4 шт., контроллер для EnergyWind 4–5 кВт, накопители ChallengerG12-200H (GEL) – 8 шт., инвертор МАП-Pro – 6 кВт.

Исходными данными моделей нагрузки являются характеристики электропотребителей среднестатистического домашнего хозяйства. Каждому типу электроприбора должен быть поставлен в соответствие коэффициент приоритета использования. При этом необходимо учитывать, что нагрузками максимального приоритета использования являются система управления (контроллер и инвертор), а также электроприборы постоянного режима использования (холодильник, котел отопления и т.п.). Приоритеты использования и состав электроприборов могут определяться пользователем самостоятельно. Среднестатистические графики значений нагрузки известны из работ [1].

После определения структуры объекта и параметров элементов необходимо перейти к построению базы знаний в соответствии с разработанной методикой [2].

На первом этапе определяются необходимые лингвистические переменные, соответствующие признакам описания состояния объекта и управляющим воздействиям, и задаются функции принадлежности их термов. Редактор предназначен для задания информации о терм-множествах входных и выходных переменных.

Для задания функций принадлежности термов использовались функции треугольного и трапециевидного типа, окончательный вид которых подстраивался в процессе имитационного моделирования.

Функции принадлежности задаются в виде аналитических треугольных и трапециевидных функций. Вид функций может настраиваться экспертом в процессе имитационного моделирования, а также оператором в процессе эксплуатации.

В качестве входных данных определяются признаки описания состояния объекта управления:

- совокупное текущее и прогнозируемое значения генерируемой энергии  $E_P, E'_P$ ;
- текущее и прогнозируемое значения потребляемой энергии  $E_R, E'_R$ ;
- текущее и прогнозируемое значения уровня заряда накопителя  $E_Z, E'_Z$ .

В качестве выходных данных – управляющие воздействия:

- заряд/разряд накопителя  $\Delta E_Z$ ;
- изменение обеспечения энергией потребителя в соответствии с ранжированием нагрузки  $\Delta E_R$ .

Для определения вариантов целевых ситуаций  $\tilde{S}_Z^i$  выделяются стратегии управления: максимального энергообеспечения (максимального риска), минимального энергообеспечения (минимального риска) и сбалансированного энергообеспечения (оптимального риска).

На основании экспертных знаний определяются степени значимости признаков описания состояний объекта. Предлагается создание модели вывода сценария на основе построения иерархической базы продукционных правил для каждой из стратегий управления. Этот способ позволяет облегчить составление правил экспертом за счет структуризации и удобного представления.

В результате верификации на избыточность, непротиворечивость и полноту полученной базы правил с использованием обучающей выборки ситуаций производится сокращение базы за счет объединения правил при одинаковых управляющих воздействиях и уда-

ления неактивированных правил.

На следующем этапе в пункте меню «Управление – Кластеризация» производится построение покрытия множества состояний объекта нечеткими классами, соответствующими значениям управляющих воздействий на основе обучающей выборки и определяется множество эталонных нечетких ситуаций  $\tilde{S}_1, \tilde{S}_2, \dots, \tilde{S}_k$  из множества  $\tilde{S}$ , являющихся центрами нечетких кластеров.

Для каждой ситуации из обучающей выборки оценивается соответствие ситуации  $\tilde{S}_j$  значению  $T_1^j$  и определяются значения функции принадлежности ситуации нечеткому классу  $\tilde{F}_j, j=1, K$ .

Расчет окончательного управляющего решения выполняется с учетом степеней предпочтения для каждого управляющего воздействия по всем вариантам целевых ситуаций, а также с учетом дополнительных ограничений и данных, связанных со свойствами структурных элементов объекта, таких как: информация о рангах и энергоемкости потребителей, о срочности прогноза, функциональные характеристики накопителей и потребителей и др. [3].

Далее производятся операции в соответствии с этапами метода вывода по нечеткой ситуационной сети (рис. 1).

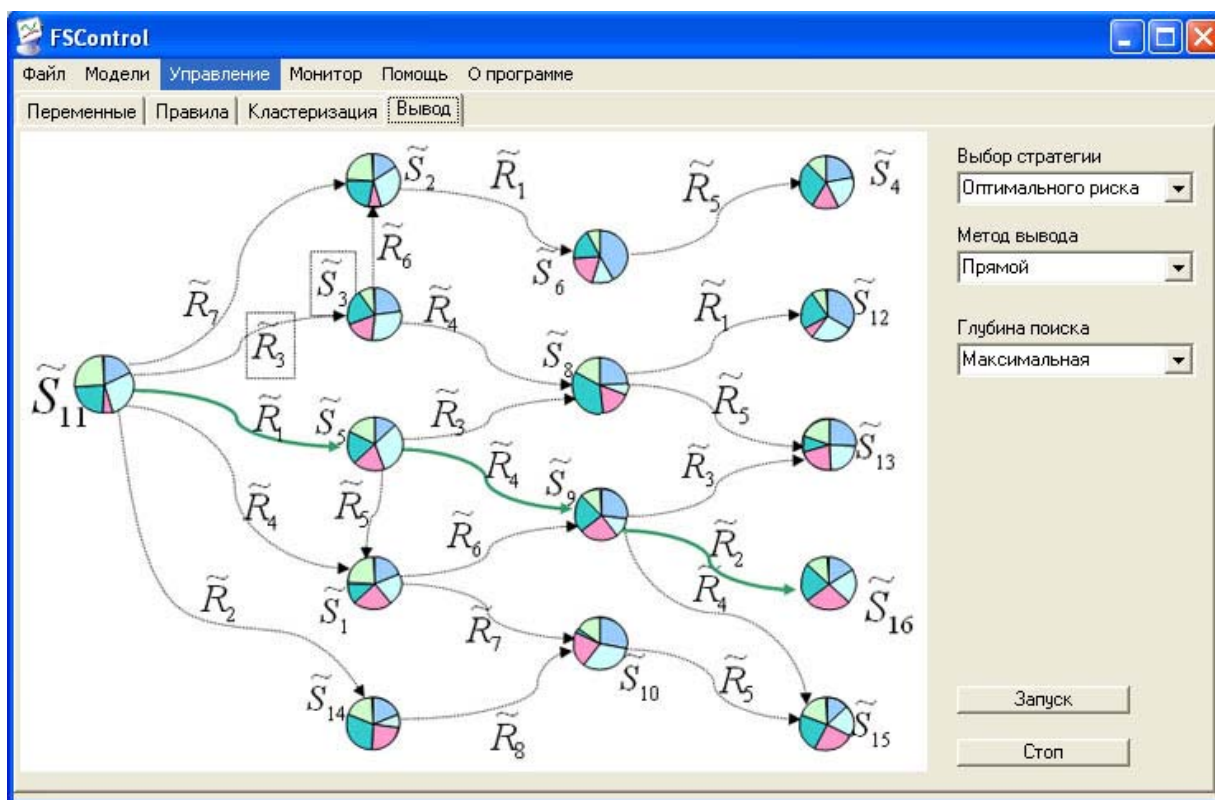


Рис. 1. Вывод по нечеткой ситуационной сети

Текущая ситуация  $S_0$  с использованием ситуационного логического вывода на основе отношения степени нечеткого включения классифицирована в кластер, соответствующий нечеткой эталонной ситуации  $S_{11}$ . На основе модели оценки состояний рассчитывается подграф сценария управленческих воздействий с учетом выбранной стратегии [4].

В меню «Монитор» реализуется наглядная интерпретация полученных результатов в графической форме. Решения поставленной задачи, полученные в результате работы предыдущих этапов, сохраняются в статистической базе программного комплекса (рис. 2).

Анализ результатов имитационного моделирования с использованием разработанной методики показал значительное уменьшение количества ситуаций, связанных с недостатком или переизбытком энергии, что подтверждает эффективность предложенной методики, а ее

применение на реальных объектах позволит улучшить технико-экономические показатели подобных энергетических систем.

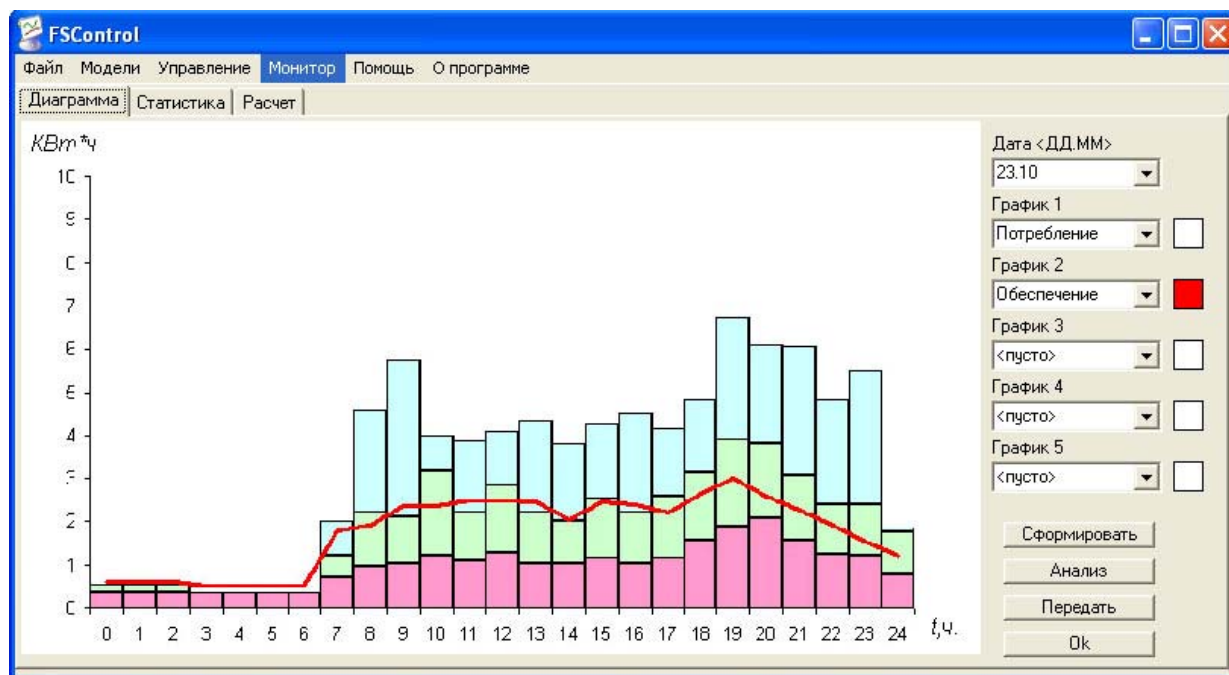


Рис. 2. Графическая интерпретация результатов управления

#### Примечания:

1. Симанков В.С. Автоматизация системных исследований: монография / Кубанский гос. технол. ун-т. Краснодар, 2002. 376 с.
2. Шопин А.В. Метод построения базы нечетких знаний производственного типа при ситуационном управлении // Наука, образование, молодежь: материалы II регион. науч. конф. молодых ученых АГУ. Майкоп, 2005. С. 361–364.
3. Шопин А.В. Программный комплекс управления автономной ФВЭС на основе нечеткого ситуационного логического вывода // Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Майкоп, 2017. С. 239–244.
4. Шопин А.В., Бучацкий П.Ю., Бучацкая В.В. Метод вывода на основе нечеткой ситуационной сети // Дистанционные образовательные технологии: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Ялта, 2017. С. 331–334.

#### References:

1. Simankov V.S. Automation of system studies: a monograph / Kuban State Technol. Un-ty. Krasnodar, 2002. 376 pp.
2. Shopin A.V. Method of constructing the base of fuzzy knowledge of the production type under situational control // Science, education, youth: materials of the II region. scient. conf. of young scientists of ASU. Maikop, 2005. P. 361–364.
3. Shopin A.V. The program complex of the control of autonomous photowindenergy system on the basis of fuzzy situational logical conclusion // Applied aspects of geology, geophysics and geoecology with the use of modern information technologies: materials of the IV Intern. scient. and pract. conf. Maikop, 2017. P. 239–244.
4. Shopin A.V., Buchatsky P.Yu., Buchatskaya V.V. Method of conclusion based on fuzzy situational network // Distance educational technologies: materials of the II Russian, scient. and pract. conf. Yalta, 2017. P. 331–334.