

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет  
Петра Великого»

Институт компьютерных наук и кибербезопасности  
Направление: 02.03.01 Математика и компьютерные науки

Теория графов  
ОТЧЁТ ПО КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Реализация экспертной системы «Выбор гидрокостюма для соревнований по  
плаванию»

Студент,  
группы 5130201/30002

\_\_\_\_\_ Михайлова А. А.

Преподаватель

\_\_\_\_\_ Востров А. В.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Санкт-Петербург, 2025

# Содержание

<b>Введение</b>	<b>3</b>
<b>1 Предметная область</b>	<b>4</b>
<b>2 Математическое описание</b>	<b>5</b>
2.1 Экспертные системы . . . . .	5
2.2 Продукционная модель . . . . .	7
2.3 Бинарное дерево решений в экспертных системах . . . . .	8
<b>3 Особенности реализации</b>	<b>11</b>
3.1 Определение функций . . . . .	11
3.2 Правила . . . . .	12
3.3 Логика работы экспертной системы . . . . .	12
3.4 Примеры . . . . .	13
<b>4 Результаты работы программы</b>	<b>18</b>
<b>Заключение</b>	<b>20</b>
<b>Список использованной литературы</b>	<b>21</b>

# Введение

Экспертные системы — это интеллектуальные системы, использующие знания специалистов для решения сложных задач в определенной области. Они имитируют рассуждения эксперта и помогают принимать решения, как если бы вы консультировались с ним лично.

В рамках данной курсовой работы была разработана экспертная система на базе CLIPS, которая помогает спортсменам выбрать гидрокостюм для соревнований.

Требуется построить продукционную модель экспертной системы для выбора гидрокостюма для соревнований и согласовать её с преподавателем. После этого реализовать экспертную систему средствами CLIPS. Минимальное количество ярусов дерева - 4 (не считая корня), не менее 30 узлов.

# 1 Предметная область

Разработанная экспертная система помогает спортсменам выбрать гидрокостюм для соревнований по плаванию. Выбор гидрокостюма влияет на множество факторов: плавучесть, терморегуляция, сопротивление, комфорт спортсмена, защита от внешних воздействий.

Для подбора оптимального варианта система учитывает:

- Вид спорта: плавание на закрытой или открытой воде.
- Предпочтения: учитываются пожелания пользователя относительно компрессии костюма, длины дистанции, наличия рукавов или капюшона.
- Сезон: система учитывает, на какой - зимний или летний сезон подбирается гидрокостюм, а также температуру воздуха, солёная ли вода.

Экспертная система реализована в среде CLIPS и позволяет подобрать подходящий гидрокостюм на основе заданных критериев.

Список всех возможных ответов:

- HUUB
- FINIS
- BUNI
- Marlin
- Mako
- Mako Nami
- Arena air 2
- Mad wave
- Michael Phelps
- Туг
- Плавки
- Купальник funkita
- Arena
- Купальник under by me
- Купальник arena

## 2 Математическое описание

### 2.1 Экспертные системы

Экспертные системы (ЭС) — это компьютерные программы, которые имитируют навыки и знания эксперта в конкретной области. Они предназначены для решения сложных задач, которые обычно требуют человеческого опыта и интуиции.

Особенности экспертных систем:

- База знаний: В основе ЭС лежит база знаний, содержащая информацию, полученную от экспертов. Она включает факты, правила, зоаристики и другие данные, необходимые для решения задач в определённой области.
- Механизм вывода: Эта часть системы использует базу знаний для анализа информации, предоставленной пользователем, и формулирует выводы или рекомендации.
- Интерфейс пользователя: ЭС имеет простой и удобный интерфейс, который позволяет пользователям взаимодействовать с системой, задавать вопросы и получать понятные ответы.
- Объяснительный механизм: ЭС могут объяснять свои рассуждения и решения, что делает их более прозрачными и понятными для пользователей.
- Способность к обучению: Некоторые ЭС могут обучаться на новых данных и совершенствовать свои знания с течением времени.

Преимущества использования экспертных систем:

- Сохранение знаний: ЭС позволяют сохранять и использовать знания экспертов, даже если они недостаточны.
- Повышение эффективности: ЭС могут быстро анализировать информацию и предлагать решения, экономя время и ресурсы.
- Стандартизация принятия решений: ЭС помогают обеспечить единообразный подход к решению задач, независимо от опыта отдельных сотрудников.
- Обучение и поддержка: ЭС могут использоваться для обучения новых сотрудников и предоставления им поддержки в принятии решений.

Основные компоненты экспертной системы:

- База знаний:

- Хранит знания эксперта в форме фактов, правил, эвристик, процедур и моделей.
- Факты представляют собой утверждения о предметной области, например, «Спортсмены, участвующие в соревнованиях по открытой воде, используют более плотные модели гидрокостюмов». В данной системе представлено 15 фактов.
- Правила определяют связи между фактами и позволяют делать выводы, например, «Если температура воды ниже 15 градусов, то рекомендуется использовать гидрокостюм с длинным рукавом.». В данной системе представлено 16 правил.
- Эвристики – это правила, основанные на опыте эксперта, например, «Спортсмены, плавающие короткие дистанции чаще выбирают гидрокостюмы с большим процентом карбона».

- Машина вывода:

Использует знания из базы знаний, применяет правила и логические операции, чтобы:

- анализировать данные, предоставленные пользователем;
- делать выводы;
- давать рекомендации;
- решать поставленную задачу.

- Интерфейс пользователя:

Позволяет пользователю взаимодействовать с системой:

- вводить данные;
- задавать вопросы;
- получать ответы, объяснения и рекомендации в понятной форме.

- Подсистема объяснений:

Обеспечивает прозрачность работы системы, объясняя пользователю:

- ход рассуждений;
- обоснование выводов;
- использованные правила.

- Подсистема приобретения знаний: позволяет экспертам и инженерам по знаниям добавлять, изменять и совершенствовать базу знаний.

- Модуль тестирования и отладки: используется для проверки корректности работы системы, выявления ошибок и улучшения ее производительности

## Структура экспертной системы

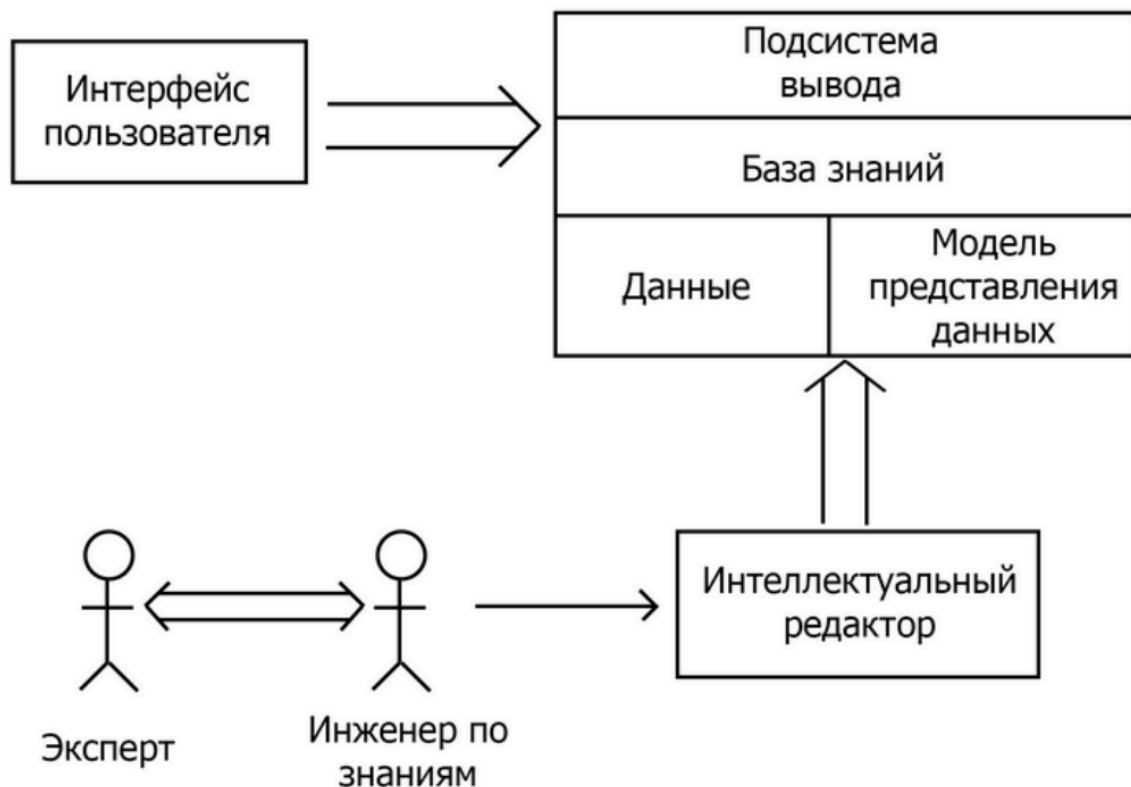


Рис. 1: Структура экспертной системы

## 2.2 Продукционная модель

Продукционная модель - это форма представления знаний в экспертных системах, основанная на правилах, называемых продукциями.

Продукционная модель состоит из набора правил вида:

ЕСЛИ (условие) ТО (действие1) ИНАЧЕ (действие2)

- Условие описывает ситуацию или факт, который должен быть истинным, чтобы правило сработало.
- Действие (консеквент) указывает, что произойдет, если условие выполняется. Это может быть вывод нового факта, изменение значения переменной, выполнение определенной операции.

Работа продукционной модели:

- Система анализирует базу знаний, содержащую продукционные правила.
- При получении новых данных проверяет условия каждого правила.
- Если условие истинно, выполняется действие, указанное в консеквенте.
- Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнута цель, поставленная перед системой.

## 2.3 Бинарное дерево решений в экспертных системах

Бинарное дерево решений — это структура данных, используемая в экспертных системах для представления знаний и принятия решений. Она представляет собой иерархическую структуру, состоящую из узлов и ветвей, напоминающую перевернутое дерево.

Структура бинарного дерева решений:

- Корневой узел: Вершина дерева, содержащая начальный вопрос или критерий.
- Внутренние узлы: Представляют собой вопросы или критерии, которые используются для разбиения данных на подмножества.
- Ветви: Соединяют узлы и представляют собой возможные ответы на вопросы в узлах.
- Листовые узлы (терминальные узлы): Содержат окончательное решение или вывод, полученный на основе ответов на вопросы во внутренних узлах.

Поиск по бинарному дереву решений:

1. Начало: Процесс начинается с корневого узла.
2. Проверка условия: Анализируется вопрос или критерий, представленный в текущем узле.
3. Выбор ветви: В зависимости от ответа на вопрос, выбирается одна из двух ветвей.
4. Переход к следующему узлу: Программа переходит к узлу, на который указывает выбираемая ветвь.
5. Повторение: Шаги 2-4 повторяются до тех пор, пока не дойдут до листового узла.
6. Результат: Листовой узел содержит решение или вывод, соответствующий заданным ответам.



В данной системе было использовано дерево решений, приведенное на рисунке 2.

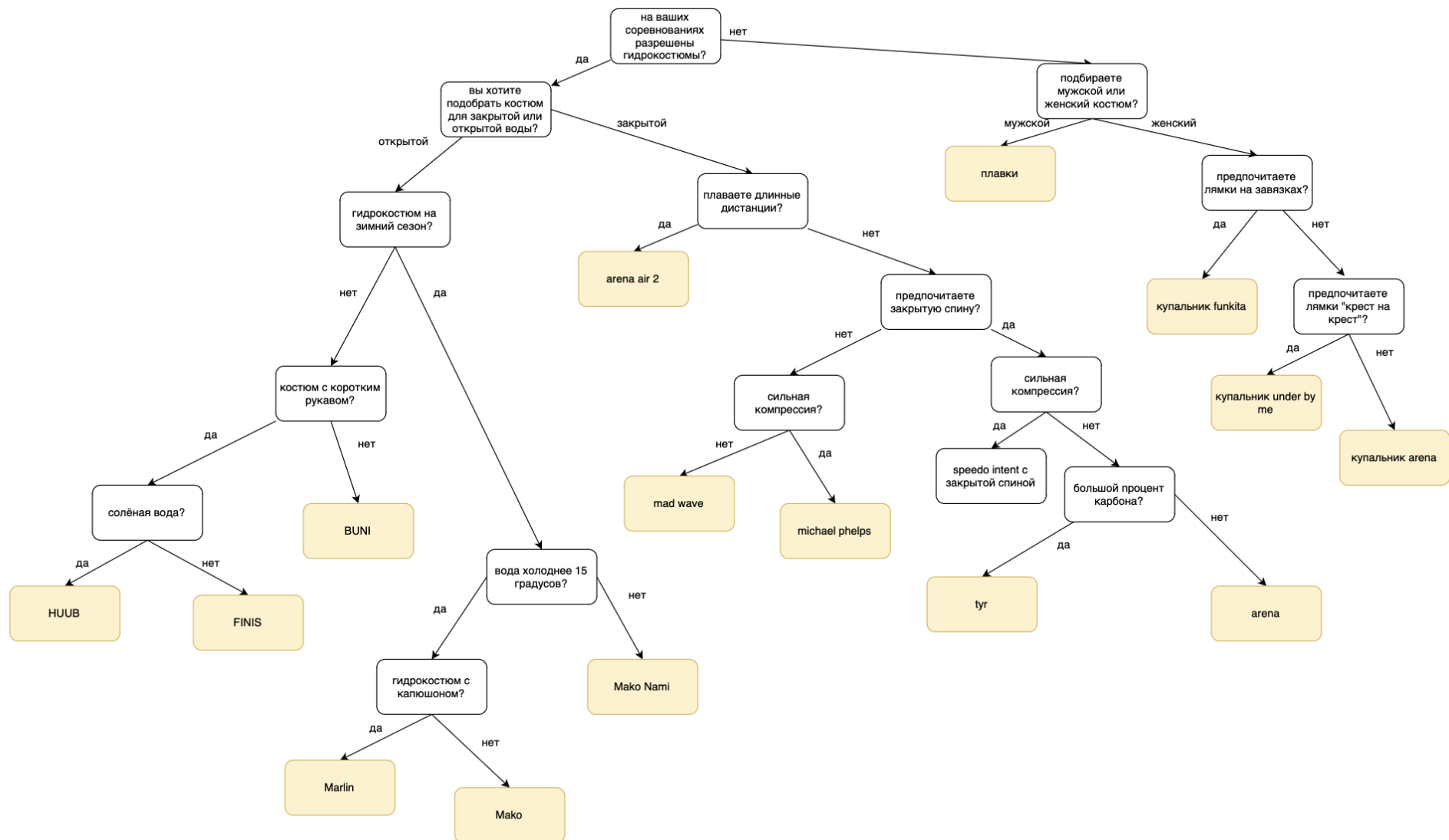


Рис. 2: Дерево решений

## 3 Особенности реализации

Код для этой экспертной системы написан на языке CLIPS (C Language Integrated Production System), который используется для создания экспертных систем.

### 3.1 Определение функций

- «member» – функция проверяет, является ли элемент членом списка. При этом она приводит элемент к нижнему регистру, если это строка.
- «ask-question» – функция задает вопрос пользователю и считывает ответ. Приводит ответ к нижнему регистру, если это строка, и проверяет, является ли ответ допустимым (входит в список ‘?allowed-values’). Если нет, вопрос задается снова.
- «yesno» – функция задает вопрос, на который можно ответить "да"или "нет". Возвращает ‘да’, если ответ положительный, и ‘нет’ в противном случае.
- «opencloseask» – функция задает вопрос, на который можно ответить "открытой"или "закрытой". Возвращает ‘открытой’, если ответ положительный, и ‘закрытой’ в противном случае.
- «muzzzen» – функция задает вопрос, на который можно ответить "мужской"или "женский". Возвращает ‘мужской’, если ответ положительный, и ‘женский’ в противном случае.

```
1 (deffunction member (?item $?list)
2 (if (lexemep ?item)
3 then (bind ?item (lowercase ?item)))
4 (member$ ?item ?list))
5
6 (deffunction ask-question (?question $?allowed-values)
7 (printout t ?question)
8 (bind ?answer (read))
9 (if (lexemep ?answer)
10 then (bind ?answer (lowercase ?answer)))
11 (while (not (member ?answer ?allowed-values)) do
12 (printout t ?question)
13 (bind ?answer (read))
14 (if (lexemep ?answer)
15 then (bind ?answer (lowercase ?answer))))
16 ?answer)
```

```

17
18 (deffunction yesno (?question)
19 (bind ?response (ask-question ?question да нет д н))
20 (if (or (eq ?response да) (eq ?response д))
21 then да
22 else нет))
23
24 (deffunction opencloseask (?question)
25 (bind ?response (ask-question ?question открытой
26 закрытой о з))
27 (if (or (eq ?response открытой) (eq ?response о))
28 then открытой
29 else закрытой))
30
31 (deffunction muzzen (?question)
32 (bind ?response (ask-question ?question мужской женский
33 м ж))
34 (if (or (eq ?response мужской) (eq ?response м))
35 then мужской
36 else женский))

```

## 3.2 Правила

- «otstup» – правило срабатывает всегда и просто выводит пустые строки, создавая отступ в выводе.
- «print-rec» – правило выводит сообщение с результатом работы экспертной системы.
- «first» - «krest-no» – правила образуют цепочку вопросов, которые экспертная система задает пользователю, чтобы определить подходящий гидрокостюм. Каждое правило проверяет определенное условие и в зависимости от ответа пользователя активирует следующее правило в цепочке.

## 3.3 Логика работы экспертной системы

Система начинает с правила «first»: «На ваших соревнованиях разрешены гидрокостюмы?». В зависимости от ответа пользователя система переходит к следующему вопросу. К примеру, если ответ «нет», система спрашивает «Подбираете мужской или женский костюм?». Цепочка вопросов продолжа-

ется, пока система не соберет достаточно информации, чтобы рекомендовать гидрокостюм.

### 3.4 Примеры

- «wateropen»: если пользователь подбирает костюм для открытой воды, система спрашивает, на какой сезон нужен гидрокостюм («season»).
- «solenaya-no»: если пользователю нужен костюм для пресной воды, система рекомендует FINIS(rec "FINIS").

```
1 (defrule otstup " "  
2 (declare (salience 0)) =>  
3 (printout t crlf crlf))  
4  
5 (defrule print-rec " "  
6 (declare (salience 0))  
7 (rec ?item) =>  
8 (printout t crlf crlf)  
9 (printout t "Вам_подойдёт:_")  
10 (printout t)  
11 (format t "_%s%n%n%n" ?item)  
12 (halt))  
13  
14  
15  
16 (defrule first " "  
17 (not (user ?))  
18 (not (rec ?)) =>  
19 (assert (user (yesno "На_ваших_соревнованиях_разрешены_  
гидрокостюмы?_да(_или_нет)_-_"))))  
20  
21 (defrule user-da " "  
22 (user да)  
23 (not (rec ?)) =>  
24 (assert (water (opencloseask "Вы_хотите_подобрать_костюм_  
для_закрытой_или_открытой_воды?_открытой(_или_закрытой)_-_")  
)))  
25  
26 (defrule wateropen " "  
27 (water открытой)  
28 (not (rec?)) =>
```

```

29 (assert (sezon (yesno "Гидрокостюм_на_зимний_сезон?_да(_
    или_нет)_-_""))))
30
31 (defrule sezonno " "
32 (sezon нет)
33 (not (rec?)) =>
34 (assert (kostum (yesno "Костюм_с_коротким_рукавом?_да(_или_
    нет)_-_""))))
35
36 (defrule kostumda " "
37 (kostum да)
38 (not (rec?)) =>
39 (assert (solenaya (yesno "Солёная_вода?_да(_или_нет)_-_"")
    ))
40
41 (defrule solenaya-no " "
42 (solenaya нет)
43 (not (rec?)) =>
44 (assert (rec "FINIS")))
45
46 (defrule solenaya-yes " "
47 (solenaya да)
48 (not (rec?)) =>
49 (assert (rec "HUUB")))
50
51 (defrule kostum-no " "
52 (kostum нет)
53 (not (rec?)) =>
54 (assert (rec "BUNI")))
55
56 (defrule sezon-yes " "
57 (sezon да)
58 (not (rec?)) =>
59 (assert (vodatemp (yesno "Вода_холоднее_15_градусов?_да(_
    или_нет)_-_""))))
60
61 (defrule vodatemp-yes " "
62 (vodatemp да)
63 (not (rec?)) =>
64 (assert (kapushon (yesno "Гидрокостюм_с_капюшоном?_да(_или_
    нет)_-_""))))
65
66 (defrule kapushon-yes " "

```

```

67 (kapushon да)
68 (not (rec?)) =>
69 (assert (rec "Marlin")))
70
71 (defrule kapushon-no " "
72 (kapushon нет)
73 (not (rec?)) =>
74 (assert (rec "Mako")))
75
76 (defrule vodatemp-no " "
77 (vodatemp нет)
78 (not (rec?)) =>
79 (assert (rec "Mako_Nami")))
80
81 (defrule water-close " "
82 (water закрытой)
83 (not (rec?)) =>
84 (assert (dlina (yesno "Плаваете_длинные_дистанции?_да(_или_
нет)_-""))))
85
86 (defrule dlina-da " "
87 (dlina да)
88 (not (rec?)) =>
89 (assert (rec "arena_air_2")))
90
91 (defrule dlina-net " "
92 (dlina нет)
93 (not (rec?)) =>
94 (assert (spina (yesno "Предпочитаете_закрытую_спину?_да(_
или_нет)_-""))))
95
96 (defrule spina-net " "
97 (spina нет)
98 (not (rec?)) =>
99 (assert (kompess (yesno "Сильная_компрессия?_да(_или_нет)_
-""))))
100
101 (defrule kompess-net " "
102 (kompess нет)
103 (not (rec?)) =>
104 (assert (rec "mad_wave")))
105
106 (defrule kompess-da " "

```

```

107 (kompress да)
108 (not (rec?)) =>
109 (assert (rec "michael_phelps")))
110
111 (defrule spina-da " "
112 (spina да)
113 (not (rec?)) =>
114 (assert (sk (yesno "Сильная_компрессия?_да(_или_нет)_-" )
115 )
116
117 (defrule sk-da " "
118 (sk да)
119 (not (rec?)) =>
120 (assert (rec "speedo_intent_с_закрытой_спиной" )))
121
122 (defrule sk-net " "
123 (sk нет)
124 (not (rec?)) =>
125 (assert (karbon (yesno "Большой_процент_карбона?_да(_или_
126 нет)_-" )))
127
128 (defrule karbon-da " "
129 (karbon да)
130 (not (rec?)) =>
131 (assert (rec "tyr" )))
132
133 (defrule karbon-net " "
134 (karbon нет)
135 (not (rec?)) =>
136 (assert (rec "arena" )))
137
138 (defrule user-no " "
139 (user нет)
140 (not (rec?)) =>
141 (assert (mz (muzzen "Подбираете_мужской_или_женский_костюм?_
142 мужской(_или_женский)_-" )))
143
144 (defrule mz-muz " "
145 (mz мужской)
146 (not (rec?)) =>
147 (assert (rec "плавки" )))
148
149 (defrule mz-zen " "

```



```

147 (mz женский)
148 (not (rec?)) =>
149 (assert (lamki (yesno "Предпочитаете_лямки_на_завязках?_да(_
    или_нет)_-_""))))
150
151 (defrule lamki-da " "
152 (lamki да)
153 (not (rec?)) =>
154 (assert (rec "купальник_funkita"))))
155
156 (defrule lamki-no " "
157 (lamki нет)
158 (not (rec?)) =>
159 (assert (krest (yesno "Предпочитаете_лямки_крест_на_крест?_
    да(_или_нет)_-_""))))
160
161 (defrule krest-da " "
162 (krest да)
163 (not (rec?)) =>
164 (assert (rec "купальник_under_by_me"))))
165
166 (defrule krest-no " "
167 (krest нет)
168 (not (rec?)) =>
169 (assert (rec "купальник_arena"))))

```

## 4 Результаты работы программы

Результаты корректной работы программы представлены на рис. 3, 4, 5.

На ваших соревнованиях разрешены гидрокостюмы? (да или нет) – да  
Вы хотите подобрать костюм для закрытой или открытой воды? (открытой или закрытой) – открытой  
Гидрокостюм на зимний сезон? (да или нет) – да  
Вода холоднее 15 градусов? (да или нет) – да  
Гидрокостюм с капюшоном? (да или нет) – нет

Вам подойдёт: Мако

Рис. 3: Путь до «Мако»

На ваших соревнованиях разрешены гидрокостюмы? (да или нет) – нет  
Подбираете мужской или женский костюм? (мужской или женский) – ж  
Предпочитаете лямки на завязках? (да или нет) – нет  
Предпочитаете лямки крест на крест? (да или нет) – да

Вам подойдёт: купальник under by me

Рис. 4: Путь до «купальник under by me»

Рис. 5: Путь до «плавки»

В случае некорректного ввода, программа запрашивает ответ снова – рис. 6.

На ваших соревнованиях разрешены гидрокостюмы? (да или нет) – абтты  
На ваших соревнованиях разрешены гидрокостюмы? (да или нет) – 34455  
На ваших соревнованиях разрешены гидрокостюмы? (да или нет) – н  
Подбираете мужской или женский костюм? (мужской или женский) – |

Рис. 6: Запрос повторного ввода

## Заключение

В рамках данной курсовой работы была разработана экспертная система на базе языка CLIPS, предназначенная для помощи спортсменам в выборе гидрокостюма для соревнований по плаванию.

Система основана на продукционной модели, которая представляет собой набор правил «если-то», определяющих логику принятия решения. База знаний, составляющая основу системы, включает в себя информацию о различных гидрокостюмах, их особенностях, погодных требованиях, плотности и т.д. В системе представлено 15 фактов и 16 правил.

Достоинства программы:

- Так как система основана на бинарном дереве, то поиск решения осуществляется довольно быстро – 2 ответа пользователя для самого короткого пути и 6 для самого длинного.
- Код использует правила продукционной модели, что делает логику экспертной системы понятной человеку, не участвовавшему в разработке.

Недостатки программы:

- Система подходит для задач с ограниченным количеством факторов и простых взаимосвязей. Сложные алгоритмы и задачи требуют более продвинутых методов (семантические сети, фреймовые модели).
- Добавление нового правила может привести к перестраиванию всего дерева.

Масштабирование:

- Разработка графического интерфейса для более удобного взаимодействия с системой.
- Уточнение правил, например уровень квалификации пловца.

## Список литературы

- [1] Секция "Телематика"/ текст : электронный / — URL: <https://tema.spbstu.ru/dismath/> (Дата обращения 24.04.2025).
- [2] Официальный сайт CLIPS, URL: <https://clipsrules.net/> (Дата обращения: 24.04.2025)
- [3] Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов. 3-е изд. — Санкт-Петербург: Питер Пресс, 2009. — 384 с.