

1.
2021.- 2
43-51.

УДК 796.42

**МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ
ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ СПОРТСМЕНОВ:
Сообщение 1. РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК**

Т. И. Чегерова, канд. техн. наук, доцент,

Учреждение образования «Могилевский государственный университет
им. А. А. Кулешова»;

Е. В. Нехай,

Частное учреждение образования «Колледж бизнеса и права»;

Н. Г. Кручинский, д-р мед. наук, доцент,

Учреждение образования «Полесский государственный университет»

Аннотация

Предложена методика агрегированной оценки состояния подготовленности спортсмена к соревнованиям на основе комплекса педагогических, психологических и медико-биологических показателей, основанная на методах математического прогнозирования. Методика апробирована на результатах пятилетнего мониторинга данных углубленного комплексного обследования легкоатлетов различных специализаций.

**MATHEMATICAL PREDICTIVE METHODS FOR MANAGING THE TRAINING
PROCESS OF SKILLED ATHLETES:
Report 1. DEVELOPMENT OF EXPERT ASSESSMENTS**

Abstract

A method of aggregated assessment of the state of an athlete's readiness for competitions based on a set of pedagogical, psychological, medical and biological indicators, using the methods of mathematical prediction, is proposed. The methodology has been validated through five years of monitoring data from an in-depth complex examination of track and field athletes of various specializations.

Введение

Точный прогноз выступлений на крупнейших соревнованиях является не только важным фактором улучшения качества подготовки спортсменов к ответственным стартам, но также и социальным фактором, связанным с проблемой оптимального расходования материальных и финансовых ресурсов государства.

Прогнозирование результатов соревновательной деятельности в спорте высших достижений приобретает все большую актуальность и относится к категории сложных комплексных проблем с выделением его социально-экономических, психолого-педагогических и медико-биологических аспектов [5]. В настоящее время ведущим принципом оценки перспективности является комплексная оценка потенциальных возможностей спортсмена, так как выделить какой-то один критерий этих способностей достаточно сложно. Это диктует необходимость разработки систем управления тренировочным процессом, основанных на методах математического прогнозирования. Следует заметить, что подобный методический подход показал свою эффективность в экономике, машиностроении, экологии и здравоохранении [1–4, 6].

Оценка функционального состояния спортсмена включает целый комплекс педагогических, психологических и медико-биологических показателей. Для построения интегрального показателя подготовленности спортсмена предлагается методика, позволяющая формализовать частные показатели (медико-биологические, психолого-педагогические и др.) с использованием синтеза математических аппаратов теории нечетких множеств и математической статистики. Данная работа проводилась в рамках выполнения НИР «Разработать модель прогнозирования результативности спортсменов циклических видов спорта, на основе оценки различных сторон подготовленности (на примере легкой атлетики)» (ГР 20114682) в рамках задания научного раздела Государственной программы развития физической культуры и спорта в Республике Беларусь на 2011–2015 годы [7].

Цель исследования – разработка модели прогнозирования результативности легкоатлетов на основе оценки различных сторон подготовленности.

Объект исследования – модель агрегирования педагогических, психологических и медико-биологических показателей состояния спортсмена.

Предмет исследования – программа прогнозирования результативности спортсмена на основе оценки различных сторон подготовленности легкоатлетов на этапах годичного цикла подготовки.

Контингент обследуемых – спортсмены национальной команды и ближайшего резерва специализации легкой атлетики (метание, бег, прыжки) различного возраста, пола, обследованные в пятилетний период в рамках углубленных комплексных обследований.

Задачи исследования:

1. Обосновать модель агрегирования педагогических, психологических и медико-биологических показателей состояния спортсменов.

2. Определить информативные педагогические, психологические и медико-биологические показатели состояния спортсмена для разработки обобщенных частных критериев.

3. Провести формализацию и ранжирование частных педагогических, психологических и медико-биологических показателей состояния спортсмена и разработать обобщенные критерии состояния спортсмена.

4. Исследовать динамику и взаимосвязи обобщенных критериев состояния спортсмена с соревновательным результатом и разработать программу определения состояния спортсмена с помощью обобщенных критериев на этапах годичного цикла подготовки. Провести анализ взаимосвязи обобщенных критериев состояния спортсмена с соревновательным результатом и их динамики в годичном цикле подготовки.

5. Разработать компьютерную модель прогнозирования результативности спортсмена на основе обобщенных критериев состояния легкоатлетов и соревновательных результатов на этапах годичного цикла подготовки.

Методы исследования:

– педагогические, психологические и медико-биологические методы исследований;

– формализация и ранжирование частных педагогических, психологических и медико-биологических показателей состояния спортсмена;

– современные методы прогнозирования, основанные на интерактивных статистических методах с использованием баз данных педагогических, психологических и медико-биологических показателей спортсменов;

– исследование механизмов агрегирования многомерной информации из реляционных баз данных спортивных результатов;

– современные методы прогнозирования, основанные на интерактивных статистических методах с использованием баз данных педагогических, психологических и медико-биологических показателей спортсменов;

– современные методы автоматизированной обработки данных и создания программного обеспечения.

Для апробации предлагаемой методики были исследованы медико-биологические показатели легкоатлетов различных специализаций.

Материал и методы исследования

Состояние подготовленности спортсменов-легкоатлетов с различной направленностью тренировочного процесса (выносливость, спринт, скоростно-силовые виды) оценивалось по морфологическим, биохимическим, функциональным показателям.

В группу выносливости вошли спортивная ходьба, бег на средние и длинные дистанции, в группу спринта включены бег на короткие дистанции и в группу скоростно-силовых видов – прыжковые (высота, шест, длина, тройной) виды и виды метания: копье, диск, молот и толкание ядра.

Опираясь на анализ материалов научных исследований других авторов, выполненных на спортсменах различных групп видов спорта, следует подчеркнуть, что иерархия значимости факторов спортивной результативности в процессе становления спортивного мастерства на этапах многолетней тренировки имеет общие тенденции (таблица 1).

Таблица 1 – Иерархия значимости факторов спортивной результативности на этапах многолетней подготовки (цитируется по [5])

Категория факторов, влияющих на достижение спортивной результативности	Этап подготовки		
	предварительной подготовки и начальной спортивной специализации	углубленной тренировки и спортивного совершенствования	высшего спортивного мастерства
Морфологические (соматические), включая уровень биологической зрелости	****	**	*
Энергетические (функциональные)	**	****	**
Технико-тактические	*	**	***
Личностно-психические	*	**	****
<i>Примечание – Факторная нагрузка в общей дисперсии выборки: **** – 30–40 %; *** – 20–25 %; ** – 10–15 %; * – менее 10 %</i>			

Комплексная оценка медико-биологических и педагогических показателей представляет собой весьма сложную в методологическом плане проблему. При этом ее главными методическими особенностями являются обработка и интерпретации получаемых данных, в том числе:

- многофакторность и необходимость принятия диагностических решений по каждому обследуемому путем рассмотрения одновременно многих параметров состояния системы;

- многокритериальность решаемой задачи по комплексной оценке функционального состояния спортсмена по множеству данных, и вследствие этого, неизбежное и существенное влияние субъективной неопределенности на эту оценку;

- наличие для каждого из оцениваемых факторов весьма широкой области промежуточных состояний между условной нормой (высокая степень функциональной готовности) и «патологией» (низкой функциональной подготовленностью), что ставит под сомнение реальную эффективность использования нормативов, полученных традиционным путем.

Эти проблемы в определенной степени помогают разрешить методический подход с использованием теории нечетких множеств, представляющей богатые возможности для работы с нечетко заданными вербальными значениями переменных и не резко очерченными классами, которые нашли достаточно широкое применение в технике, экономике и медицине [2, 3].

Для количественной критериальной оценки медико-биологических показателей спортсменов использовались функции желательности, возрастающие от минимального нулевого значения (гарантированная «патология», т.е. наихудшее функциональное состояние спортсмена) до максимума, равного 1, в области гарантированной нормы – наилучшее функциональное состояние спортсмена.

За основу при построении функций желательности брались существующие нормативные диапазоны, ширина переходной зоны в каждом конкретном случае оценивалась экспертом, исходя из накопленного опыта, интуиции с учетом возможных погрешностей анализа и типичных отклонений от нормы, а также из поведения построенной модели. Такие оценки проводятся путем прямого численного интегрирования полученных при обработке данных обследования гистограмм.

Границы областей гарантированной патологии находятся путем привлечения экспертных оценок. На рисунке 1 приведен пример построения функции желательности показателя гемоглобина (Hb) для мужчин-легкоатлетов со специализацией «спринт-скорость».

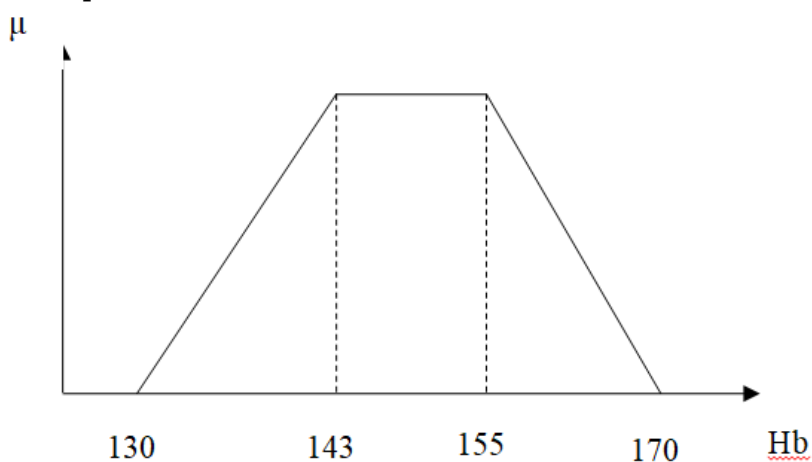


Рисунок 1 – Функция желательности (μ) показателя гемоглобина (Hb) для мужчин специализации «спринт-скорость»

В тех случаях, когда частный признак может быть представлен лишь на вербальном уровне, использование функций желательности является наиболее адекватным способом математической формализации подобного рода информации [8].

Для решения этой задачи было предложено ввести функцию желательности, характеризующую степень выраженности вербально задаваемого признака, с использованием лингвистических градаций степени его выраженности и соответствующих им числовых оценок из интервала [от 0 до 1], что проиллюстрировано на рисунке 2.

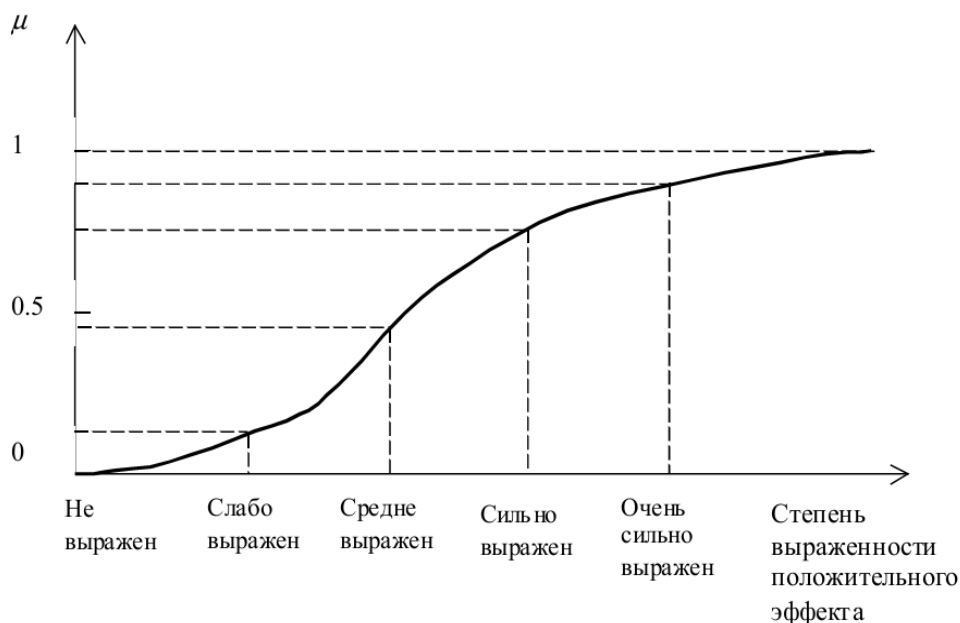


Рисунок 2 – Нечеткий интервал, соответствующий частному критерию, заданному на качественном (лингвистическом) уровне

Такой методический подход позволяет в значительной мере унифицировать процесс математической формализации частных критериев, характеризующих состояния спортсмена на определенном этапе подготовки.

Далее функции желательности сворачиваются в так называемый глобальный критерий [4]. Наиболее предпочтительными для построения глобального критерия в наших целях представляются следующие варианты:

1) вариант максимального пессимизма:

$$D1 = \min(\mu_1^{\alpha_1}, \mu_2^{\alpha_2}, \dots, \mu_n^{\alpha_n}) \quad (1)$$

2) аддитивная свертка

$$D2 = (\alpha_1 \cdot \mu_1 + \alpha_2 \cdot \mu_2 + \dots + \alpha_n \cdot \mu_n) / n \quad (2)$$

3) мультипликативная свертка

$$D3 = \mu_1^{\alpha_1} \cdot \mu_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot \mu_n^{\alpha_n}, \quad (3)$$

где D1, D2, D3 – альтернативные варианты построения глобального критерия;

$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ – функции желательности исследуемых характеристик;

n – общее число исследуемых составляющих;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – коэффициенты относительной важности отдельных показателей качества исследуемой системы для оценки ее качества в целом.

По построению каждая из входящих в (1)–(3) функций желательности изменяет свои значения от 0 до 1, поэтому значения D1, D2 и D3 могут изменяться от нуля (наихудшее функциональное состояние) до единицы (гарантированная норма).

Обобщенный критерий типа D1 оценивает состояние спортсмена на определенном этапе подготовки (спортивного мастерства) «с точки зрения максимального пессимизма», т.е. всегда равен значению функции желательности (возведенному в степень, равную коэффициенту относительной важности) частной характеристики исследуемой системы, для которой у исследуемого индивидуума получены наихудшие показатели.

Предлагаемая методика агрегирования частных критериев в обобщенные позволяет характеризовать качество состояния готовности спортсмена к соревнованиям. Частные критерии состояния спортсмена и успешного выступления определялись на основании данных оценки различных сторон подготовленности легкоатлетов на этапах годового цикла подготовки. Состояние спортсмена оценивалось по данным педагогических, психологических и медико-биологических показателей.

Каждая группа показателей состоит из различного количества частных критериев, которые, в свою очередь, могут образовывать группы, организованные по характеру влияния их на состояние готовности спортсмена.

Были выделены следующие блоки отобранных показателей:

– морфологический (относительные показатели массы мышечной ткани и массы жировой ткани);

– функциональный, характеризующий состояние сердечно-сосудистой системы и функции внешнего дыхания (9 параметров: частота сердечных сокращений; систолическое, диастолическое и среднее артериальное давление; ударный объем крови; минутный объем кровообращения; сердечный индекс; частота дыханий в 1 минуту и параметры спирометрии);

– педагогический (показатели уровня общей физической работоспособности);

– биохимический и гематологический (11 параметров: развернутый общий анализ крови; концентрация молочной кислоты; концентрация ферментов (сукцинат-дегидрогеназа, митохондриальная α -глицерофосфат-дегидрогеназа, аминотрансферазы); концентрация мочевины, концентрация креатинина);

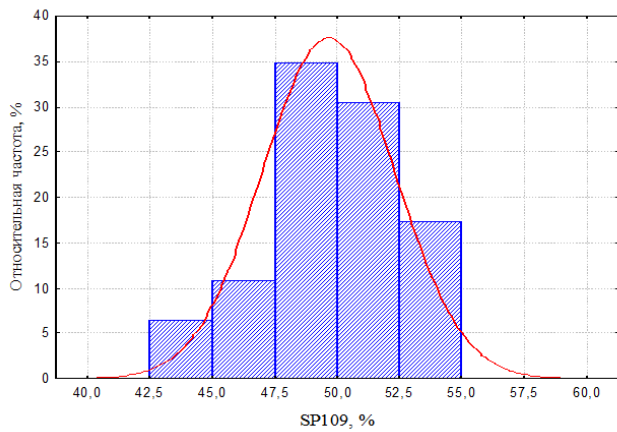
– психофизиологический (5 параметров: простая зрительно-моторная реакция; реакция различения; реакция на движущийся объект; экспресс-методика «Теппинг-тест»; шкала ситуативной тревожности Спилбергера).

Для построения комплексной оценки такой многоуровневой системы использовалась методика, позволяющая естественным образом строить разветвленные иерархические структуры [2] со специально разработанным для этого специализированным программным обеспечением [7], что позволяет рассчитать частные и глобальные критерии, характеризующие состояние готовности спортсмена к стартам, оценить его в динамике и провести сравнительный анализ с его результативностью с целью прогнозирования результатов соревнований, а также использовать полученные результаты для оптимизации тренировочного процесса.

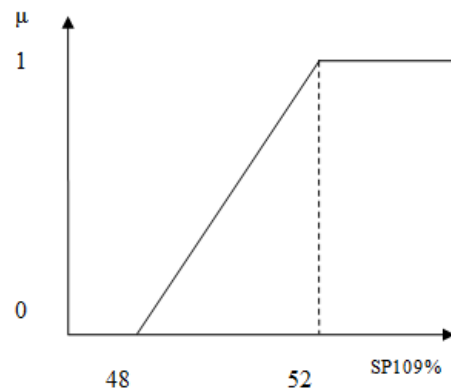
Далее в качестве примера реализации описанного выше методологического подхода для решения поставленных задач приведем результаты, полученные нами при обработке данных многолетнего обследования спортсменов-легкоатлетов и построения комплексной оценки частных и глобальных критериев, характеризующие его состояние и готовность к стартам на примере блоков морфологических, биохимических и функциональных параметров.

Расчет глобально критерия блока морфологических показателей спортсменов-легкоатлетов различной специализации

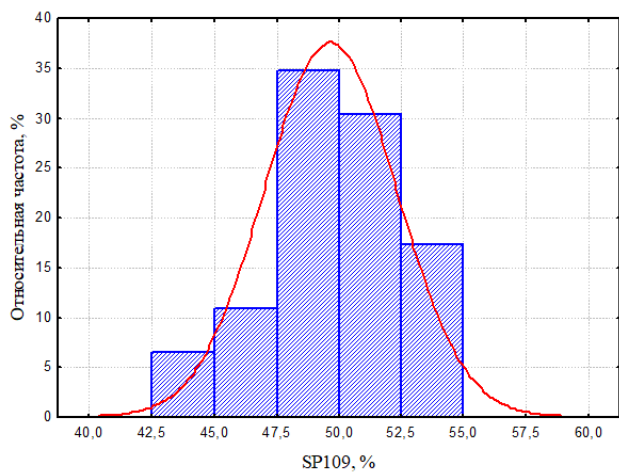
Проведен расчет частных критериев блока морфологических показателей «несущих наибольший вклад в результат»: относительные показатели массы мышечной ткани (SP109, %) и массы жировой ткани (SP111, %). Частотное распределение кумулята и пример построения функции желательности, которая строилась по типу 5 для относительного показателя массы мышечной ткани спортсменов-легкоатлетов, представлены на рисунке 3.



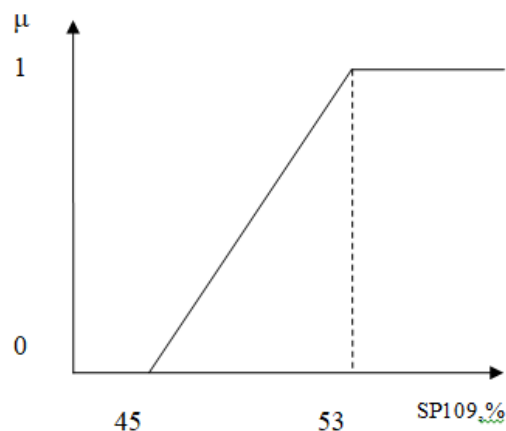
а)



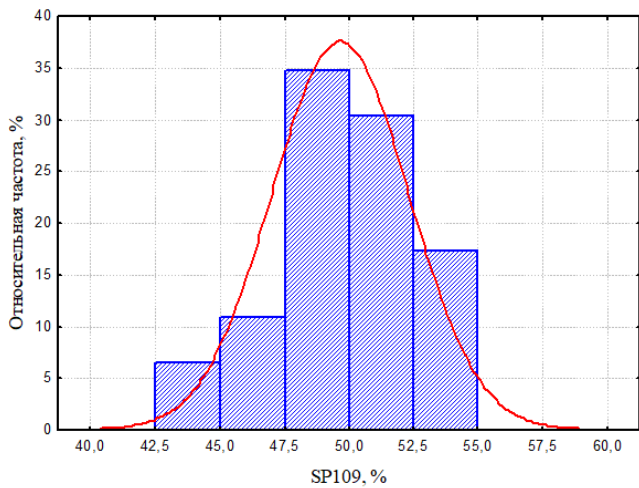
б)



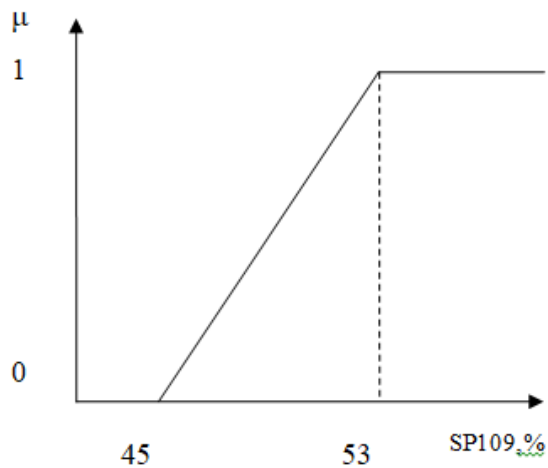
в)



г)



д)



е)

Рисунок 3 – Частотное распределение и функция желательности (μ) для относительного показателя массы мышечной ткани (SP109, %) мужчин специализации «спринт-скорость» (а, б), «скоростно-силовые виды» (в, г), «выносливость» (д, е)

Опорные точки и типы функций желательности по каждой выделенной специализации представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Опорные точки функций желательности по блоку морфологических показателей, %

Показатели	Масса мышечной ткани	Масса жировой ткани	Масса мышечной ткани	Масса жировой ткани
Тип функции желательности				
	мужчины		женщины	
Специализация «выносливость»				
x1	45		41	
x2	53	8	52	12
x3		16		25
Специализация «спринт»				
x1	48		41	
x2	52	8	52	12
x3		18		25
Специализация «скоростно-силовые виды»				
x1	42		40	
x2	54	10	50	14
x3		28		35

Морфологические показатели (мышечный и жировой компоненты) были признаны экспертами, равнозначными в оценке морфологического статуса спортсмена, поэтому коэффициенты относительной важности для расчета обобщенного критерия для них были приняты равными единице.

Расчет глобального критерия морфологических показателей по формуле аддитивной свертки (4):

$$Gl_m = (1 \cdot \mu_{SP109} + 1 \cdot \mu_{SP111}) / 2, \quad (4)$$

где Gl_m – глобальный критерий морфологического блока показателей;

μ_{SP109} , μ_{SP111} , – частные (локальные) критерии относительных показателей массы мышечной (SP109, %) и жировой ткани (SP111, %);

1 – коэффициенты относительной важности отдельных показателей качества исследуемой системы для оценки ее качества в целом.

Аналогичным образом были проанализированы данные показателей жировой массы различных специализаций мужчин и показатели мышечной и жировой массы женщин.

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования впервые для спортивной отрасли разработана методика агрегирования частных критериев по данным педагогических, психологических и медико-биологических показателей в обобщенные критерии, характеризующие качество состояния готовности спортсмена к соревнованиям.

Создана агрегированная модель педагогических, психологических и медико-биологических показателей легкоатлетов и проведена оценка ее адекватности и апробирована методика агрегирования частных критериев по данным педагогических, психологических и медико-биологических показателей в обобщенные критерии, характеризующие качество состояния готовности спортсмена к соревновательной практике.

Разработан обобщенный алгоритм решения комплекса задач пользователя и детальный алгоритм обработки данных:

– определен состав объектов и их свойств, методов обработки, событий, запускающих методы обработки с учетом принятого подхода к проектированию программного продукта;

- установлен состав общесистемного программного обеспечения, включающий базовые средства (операционную систему, модель СУБД, электронные таблицы);
- разрабатывается внутренняя структура программного продукта, образованная отдельными программными модулями.

Список использованных источников

1. Гветадзе, Р. Ш. Разработка экспертной оценки качества стоматологической помощи / Р. Ш. Гветадзе, С. Н. Андреева, В. Г. Бутова, Т. И. Чегерова // *Стоматология*. – 2021. – № 100 (1). – С. 73–78.
2. Дилигинский, Н. В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Н. В. Дилигинский, А. Г. Дымова, П. В. Севастьянов // *Монография под. общ. ред. Н. В. Дилигинского*. – М.: «Машиностроение», 2004. – 336 с.
3. Интегральная оценка влияния производственных и непроизводственных условий на состояние здоровья работающих во вредных и опасных условиях труда: новые методические подходы: метод. рекомендации / А. И. Тепляков [и др.] // *Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний: в 7 т.* – Минск: ГУ РНМБ, 2005. – Т. 1: Медико-социальная экспертиза и реабилитация больных. Гигиена труда и профессиональная патология. – С. 208–268.
4. Методика комплексной оценки экологического состояния регионов для принятия оптимальных управленческих решений: метод. рекомендации / П. В. Севастьянов, Дымова А. Г., Чегерова Т. И. [и др.] / БелНИИЭПП. – Могилев, 2000. – 29 с.
5. Никитушкин, В. Г. Организационно-методические основы подготовки спортивного резерва: монография / В. Г. Никитушкин, П. В. Квашук, В. Г. Бауэр. – М.: Советский спорт, 2005. – 232 с.
6. Поворова, О. В. Возрастные особенности иммунного статуса детей с частыми респираторными заболеваниями / О. В. Поворова, В. А. Ливинская, Т. И. Чегерова // *Вест. Могил. госуд. ун-та*. – 2021. – № 1. – С. 103–114.
7. Разработать модель прогнозирования результативности спортсменов циклических видов спорта на основе оценки различных сторон подготовленности (на примере легкой атлетики): отчет о НИР (заключ.) / НИИ физической культуры и спорта Республики Беларусь; рук. Н. Г. Кручинский, Е. В. Нехай – Минск, 2012. – 180 с. – № ГР 20114682.
8. Zadeh, L. A. Fuzzy Sets / L. A. Zadeh // *Inf. Contr.* – 1965. – Vol. 8. – P. 338–358.

05.11.2021