

Применение математических методов и ИКТ в биологии и в медицине

Применение математических методов и ИКТ в биологии и в медицине

- Применение математических методов в биологии и в медицине началось позже, чем в химии и, тем более, в физике. Перечислим самые значимые первые работы учёных в этом направлении. Бельгийский математик А. Кетле (1796-1874), английский исследователь Ф. Гальтон (1822-1911), английский математик К. Пирсон (1857-1936), американский математик Н. Винер (1894-1964), А. Н. Колмогоров (1903-1987) применили математическую теорию вероятностей и статистику; английский математик Р. Фишер (1890-1962) разработал метод, называемый дисперсионным анализом; итальянский математик В. Вольтерр (1860-1940) применил дифференциальные и интегральные уравнения, А. А. Ляпунов применил первые методы математического моделирования, И. М. Гельфанд применил методы оптимизации.

Применение математических методов и ИКТ в биологии и в медицине

- В настоящее время роль математических методов, применяемых в биологии и в медицине, возрастает.
- Математика применяется тогда, когда эксперименты дорогостоящие или вовсе невозможны, и применяется по двум направлениям: производится количественный анализ, и строятся математические модели. Но применяя математику, необходимо не забывать о пределах её применения.

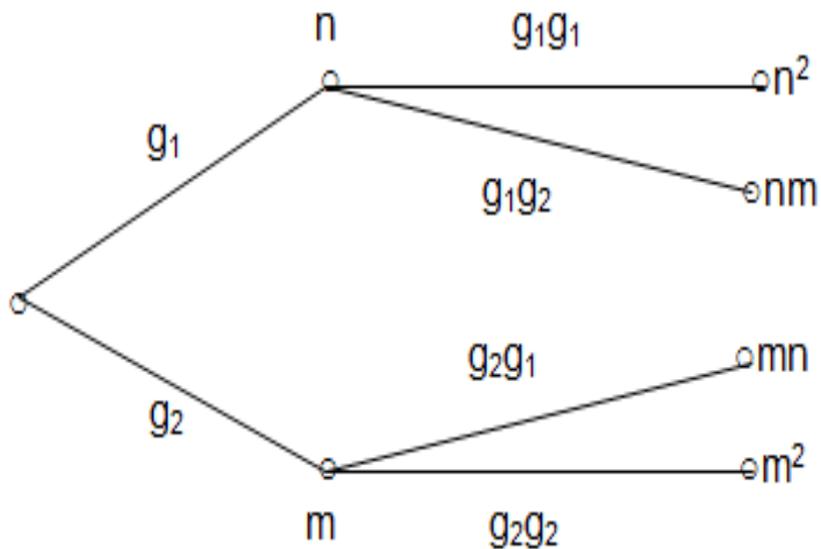
Применение математических методов и ИКТ в биологии и в медицине

- С учётом школьных программ биологии и математики, в этой работе ставилась цель возможности применения математических методов в биологии и в медицине с использованием информационно-компьютерных технологий. Представляю некоторые из них из моей работы в общеобразовательных классах и в школе дополнительного образования. Компьютерные программы написаны автором строк.

Генетика

Покажем применение элементов теории графов и теории вероятностей на уроках биологии. Если пары генов g_1 и g_2 передаются от родителей потомку, то он получает эти гены в одной из комбинаций g_1g_1 , g_2g_2 , g_1g_2 (генетически комбинации g_1g_2 и g_2g_1 не отличаются). С помощью деревьев можно наглядно представить наследование генов g_1 и g_2 (генеалогическое дерево). Пусть ген g_1 передаётся с вероятностью n , а ген g_2 – с вероятностью m (и от матери, и от отца), тогда $n+m=1$. Комбинацию g_1g_1 получим с вероятностью n^2 , g_1g_2 – с вероятностью $2nm$, а g_2g_2 – с вероятностью m^2 . Из условия $n+m=1$ следует, что $n^2+2nm+m^2=1$.

Генетика



- Предположим, что передачи генов g_1 и g_2 равновероятны, то есть $n=m=0,5$ (более точные значения n и m определяются в результате эксперимента). От родителей перейдём к родителям родителей, то есть к «бабушкам» и «дедушкам». Через p_0 обозначим вероятность того, что потомок примет от своих родителей пару одинаковых генов g_1g_1 или g_2g_2 . Тогда «коэффициент кровного родства» определяется по формуле

$$p = 0,125 + 0,875 \cdot p_0.$$

Генетика

- Рассмотренный пример даёт некоторое представление о расчётах, связанных с проблемами сохранения в потомстве желательных признаков прародителей: вывода сортов пшеницы, пород собак, голубей, домашних животных, искусственного восстановления вымирающих пород животных... Все эти проблемы разные по их роли и значимости, но они имеют общую математическую суть.

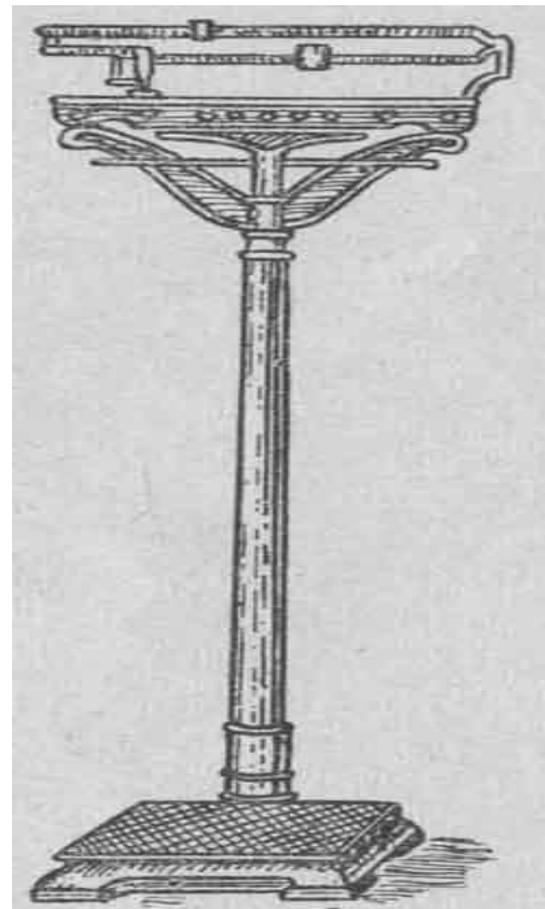


Антропометрия

- По известным в медицине способам можно приближённо определить должную массу ребёнка от одного месяца до 5 лет и рост от одного месяца до 8 лет, если известны масса и рост при рождении. Известны также методы вычисления количества пищи в кг (объёмный метод) и в мл (калорийный метод) в зависимости от массы тела ребёнка до 1 года. Составлена компьютерная программа, которая определяет все указанные показатели, если задать массу и рост ребёнка при рождении. Показатели можно оценить с помощью центильных таблиц, которые могут отличаться для разных регионов.

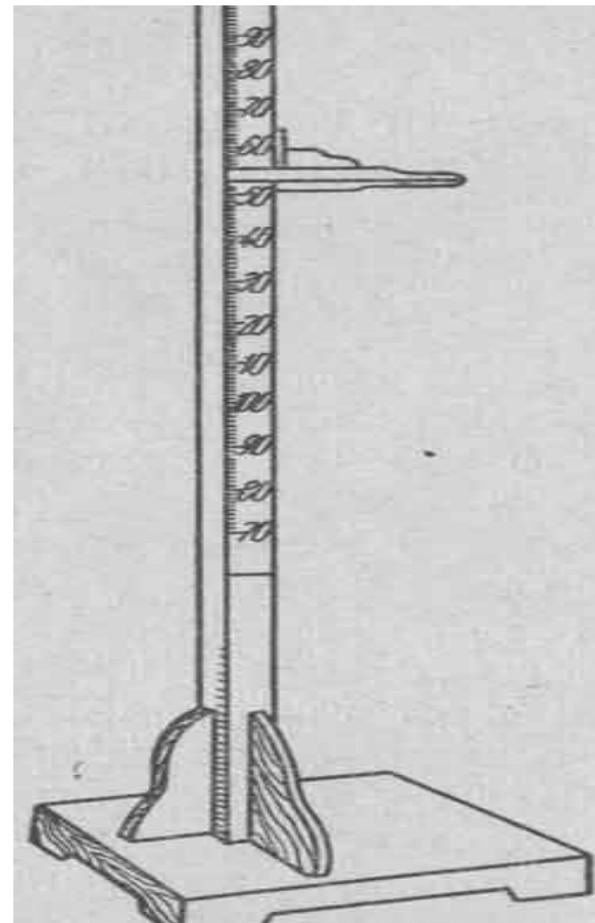
Антропометрия. Расчёт прибавки массы детей

- Долженствующая масса ребёнка до 6 месяцев вычисляется так:
 $m_d = m_0 + \text{месячные прибавки}$, где m_0 – масса при рождении. Месячные прибавки составляют за первый месяц 600 г, за второй – 800 г и каждый последующий месяц на 50 г меньше предыдущего. Начиная с седьмого месяца до одного года месячная прибавка стандартна и равна 400 г. Масса детей после года равна массе ребёнка в один год плюс 3 кг на каждый последующий.



Антропометрия. Расчёт прибавки роста детей

- Рост детей до года увеличивается ежемесячно в I квартале на 3-3,5 см, во II – на 2,5 см, в III – 1,5 см, в IV – на 1 см. Рост детей после года равен росту в один год плюс 5 см за каждый превышающий год.



Антропометрия. Количество пищи

- Количество пищи грудного ребёнка в сутки рассчитывают объёмным методом так: от 2 двух недель до 2 месяцев – $1/5$ массы тела, от 2 месяцев до 4 месяцев – $1/6$, от 4 месяцев до 6 месяцев – $1/7$. После 6 месяцев – суточный объём составляет не более 1 л. Для определения разовой потребности в пище суточный объём пищи делят на число кормлений.
- Можно рассчитать количество пищи калорийным методом – исходя из потребности ребёнка в калориях. В I квартале ребёнок должен получать 120 ккал/кг, во II – 115 ккал/кг, в III – 110 ккал/кг, в IV – 105 ккал/кг. В одном литре материнского молока 700 ккал. Например, если ребёнок в возрасте 2 месяца имеет массу тела 4 кг, то ему необходимо $4 \cdot 120 \text{ ккал} = 480 \text{ ккал}$ в сутки. Суточный объём пищи равен $480 \text{ ккал} \cdot 1000 \text{ мл} : 700 \text{ ккал} \approx 685 \text{ мл}$.

Сестринское дело

- Определим цену деления шприца, если подсчитано число делений до максимального числа на шприце. Если n – максимальное число на шприце, а m – число делений, то цена деления шприца в мл равна n/m .



Сестринское дело

- Например, определить цену деления шприца, если максимальное число на шприце – 5, а количество делений – 10.
- Решение. Цена деления такого шприца равна:
 $5/10=0,5$ мл.



Акушерство

- Если пульс равен n , а систолическое давление m , то шоковый индекс (индекс Алговера) равен отношению пульса к систолическому давлению, т. е. n/m . Если он приблизительно равен 0,5, то это свидетельствует об отсутствии дефицита объёма циркулирующей крови (ОЦК). Повышение шокового индекса приводит к разным степеням кровопотери. Компьютерная программа вычисляет шоковый индекс и во всех случаях выводит соответствующее сообщение.
- Например, если пульс – 100, а систолическое давление – 80, то шоковый индекс равен $100/80=1,25$.



Акушерство

Более подробную информацию можно получить из следующих двух таблиц.

Степень кровопотери	Дефицит ОЦК
1 (лёгкая)	до 15%
2 (средней тяжести)	15%-25%
3 (тяжёлая)	25%-35%
4 (крайней тяжести)	больше 35%

Шоковый индекс	Дефицит ОЦК	Потеря крови в мл
0,6-0,8	10%	500
0,9-1,2	20%	1000
1,3-1,4	30%	1500
1,5	40%	2000

Педиатрия. Процент потери массы новорождённого. Гипотрофия

- Если ребёнок родился весом n г, а на третьи сутки его масса составила m г, то процент потери массы равен $100(n-m)/n$. Процент потери веса в норме, если он не превышает 10%.
- Пусть вес ребёнка в три месяца равен k г. В норме должен весить $n+600+2\cdot 800=n+2200$ г. Если $k < n+2200$, то $n-k+2200$ – разница долженствующего и фактического весов, а $100(n-k+2200)/(n+2200)$ – процент дефицита массы. Из этого процентного значения определяется степень гипотрофии. С помощью компьютерной программы можно определить процент потери веса, а также степень гипотрофии или получить ответ о её отсутствии.

Педиатрия. Систолическое давление, суточная калорийность и количество мочи

- Следующая компьютерная программа определяет систолическое артериальное давление (D) в мм рт. ст., суточную калорийность пищи (K) в ккал и количество мочи в мл за сутки (V) у ребёнка в возрасте более 1 года по известным формулам $D=80+2n$, $K=1000+100n$, $V=600+100(n-1)$, где n – возраст ребёнка.



Педиатрия. Систолическое давление, суточная калорийность и количество мочи

- Например, определим систолическое артериальное давление, суточную калорийность пищевого рациона и количество выделяемой за сутки мочи 7 – летнего ребёнка. Ориентировочно систолическое давление у детей после года можно определить с помощью формулы В. И. Молчанова: $D=80+2 \cdot 7=94$ мм РТ. ст. Минимальное давление составляет $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{3}$ максимального. Суточная калорийность равна $1000+100 \cdot 7=1700$ ккал. Количество мочи за сутки равно $600+100 \cdot (7-1)=1200$ мл.



Фармакология

- Пусть во флаконе ампицилина или оксацилина (или пеницилина) находится n г (n единиц) сухого лекарственного средства. Требуется взять растворителя нужного объёма, чтобы в m мл раствора было k г (k единиц) сухого вещества. Вычисление осуществляется компьютерной программой по формуле $x = n \cdot m / k$.



Фармакология

Пример 1. Во флаконе ампициллина находится 0,5 сухого лекарственного средства. Сколько нужно взять растворителя, чтобы в 0,5 мл раствора было 0,1 г сухого вещества.

Решение: при разведении антибиотика на 0,1 г сухого порошка берут 0,5 мл растворителя, следовательно,

0,1 г сухого вещества – 0,5 мл растворителя

0,5 г сухого вещества - x мл растворителя

Получаем: $x = 0,5 \cdot 0,5 / 0,1 = 2,5$

мл.

Ответ: 2,5 мл.

Пример 2. Во флаконе пенициллина находится 1 млн. единиц сухого лекарственного средства. Сколько нужно взять растворителя, чтобы в 0,5 мл раствора было 100000 единиц сухого вещества.

Решение: составим пропорцию:

100000 единиц сухого вещества – 0,5 мл сухого вещества.

1000000 единиц – x мл

$x = 0,5 \cdot 1000000 / 100000 = 5$ мл.

Ответ: 5 мл.

Пример 3. Во флаконе оксацилина находится 0,25 сухого лекарственного средства. Сколько нужно взять растворителя, чтобы в 1 мл раствора было 0,1 г сухого вещества.

Решение: 1 мл раствора – 0,1г

x мл - 0,25 г

$x = 1 \cdot 0,25 / 0,1 = 2,5$ мл.

Ответ: 2,5 мл.



Фармакология

- Некоторые другие компьютерные программы были уже представлены в прошлом году мною в «Применение математических методов и ИКТ на уроках химии» здесь же.



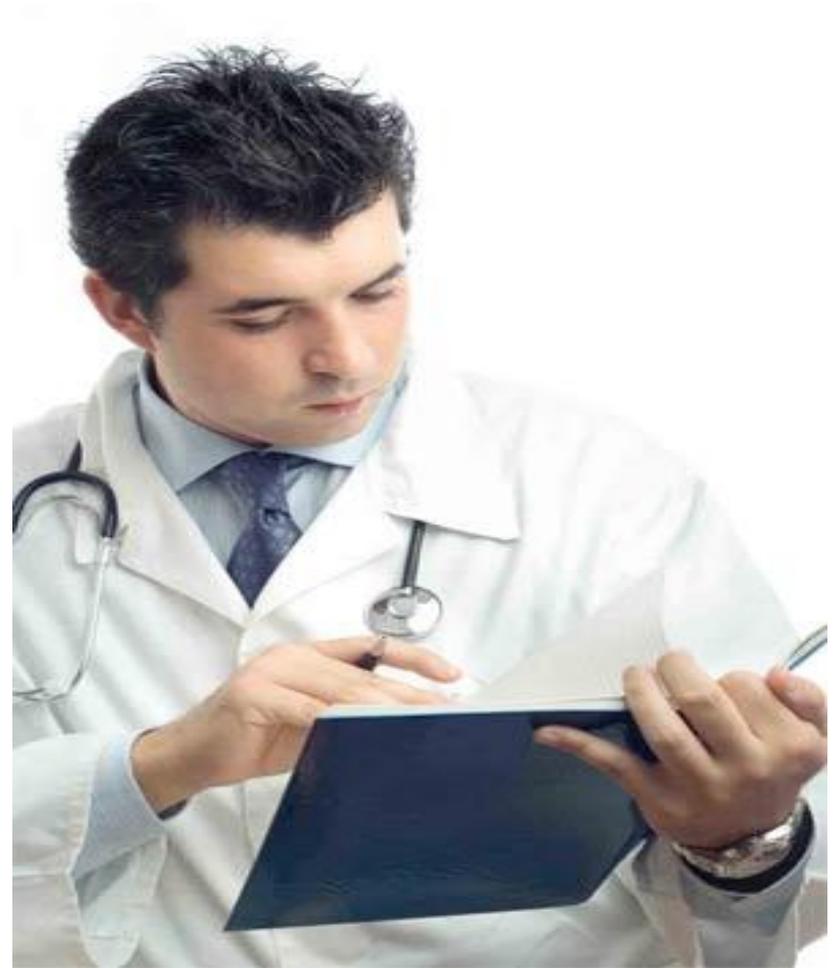
Хирургия

- Исходя из опыта хирургов, можно составить математическую модель конфликтной ситуации и применить математическую теорию игр.
- Хирург, исходя из своего многолетнего опыта, для лечения болезни составил таблицу.

	Стратегии природы		
Стратегии хирурга	после 1 дня хорошо чувствовали (%)	после 2 дня хорошо чувствовали (%)	
оперировать, A_1	99,9	99,8	99,8*
лечить лекарствами, A_2	100	99,3	99,3
	100	99,8*	

Хирургия

- Он определил, что можно лечить одним из двух методов: операцией или лекарствами. Если состояние пациента после двух дней хорошее, то он считается здоровым. Определить оптимальную стратегию хирурга.



Хирургия

- *Решение.* Таблица чисел (матрица) имеет седловую точку 99,8. Следовательно, стратегия A1 для хирурга является оптимальной, т. е. наилучшим методом лечения данной болезни является операция.



Задачи с ответами

- В норме физиологическая потеря в родах составляет 0,5% от массы тела. Определить кровопотерю в мл, если масса женщины 67 кг.
Ответ: 0,34 мл.
- Определите кровопотерю в родах, если она составила 10% ОЦК, при этом ОЦК составляет 5000 мл.
Ответ: 500 мл.
- Физиологическая убыль массы новорожденного ребенка в норме до 10%. Ребенок родился с весом 3.500, а на третьи сутки его масса составила 3.300. Вычислить процент потери веса.
Ответ: 5,7%.
- Вес ребенка при рождении 3300 г., в три месяца его масса составила 4900 г. Определить степень гипотрофии.
Ответ: 10,9%; гипотрофия I степени.
- Рассчитать суточную калорийность пищевого рациона ребенка 10 лет.
Ответ: 2000 ккал.

Задачи с ответами

- Ребенок родился ростом 51 см. Какой рост должен быть у него в 5 месяцев, 5 лет?
Ответ: 65 см; 105 см.
- Ребенок родился весом 3900г. Какой вес должен быть у него в 6 месяцев, 6 лет, 12 лет?
Ответ: 8,2 кг; 22 кг; 38 кг.
- Определите цену деления шприца, если от подигольного конуса до цифры «1» - 10 делений.
Ответ: 0,1 мл.
- Определите цену деления шприца, если от подигольного конуса до цифры «5» - 5 делений.
Ответ: 1 мл.
- Определите цену деления шприца, если от подигольного конуса до цифры «10» - 5 делений.
Ответ: 2 мл.

Задачи с ответами

- Сколько нужно взять 10% раствора осветленной хлорной извести и воды для приготовления 10л 5%раствора?
Ответ: 5000 мл и 5000 мл.
- Сколько нужно взять 10% раствора хлорной извести и воды для приготовления 5л 1% раствора?
Ответ: 500 мл и 4500 мл.
- Сколько нужно взять 10% раствора хлорной извести и воды для приготовления 2л 0,5% раствора?
Ответ: 10 мл и 1900 мл.
- Сколько нужно взять хлорамина (сухое вещество) в г и воды для приготовления 1 литра 3%раствора?
Ответ: 300 г и 9700 мл.
- Сколько нужно взять хлорамина (сухого) в г и воды для приготовления 3-х литров 0,5% раствора?
Ответ: 15 г и 2985 мл.

Задачи с ответами

- Сколько нужно взять хлорамина (сухого) в г и воды для приготовления 5 литров 3% раствора?

Ответ: 150 г и 4850 мл.

- Для постановки согревающего компресса из 40% раствора этилового спирта необходимо взять 50мл. Сколько нужно взять 96% спирта для постановки согревающего компресса?

Ответ: 21 мл.

- Больной должен принимать лекарство по 1 мг в порошках 4 раза в день в течении 7 дней, то сколько необходимо выписать данного лекарства (расчет вести в граммах)?

Ответ: 0,028 г.

- Больному необходимо ввести 400 тысяч единиц пенициллина. Флакон по 1 миллиону единиц. Развести 1:1. Сколько мл раствора необходимо взять?

Ответ: 4 мл.

Задачи без ответов

- Шоковый индекс равен отношению пульса к систолическому давлению. Определить шоковый индекс, если пульс – 120, а систолическое давление – 70.
- Физиологическая убыль массы в норме до 10%. Ребенок родился с весом 3.600, а на третьи сутки его масса составила 3.100. Вычислить процент потери веса.
- Вес ребенка при рождении 3200 г., в два месяца его масса составила 4000 г. Определить степень гипотрофии.
- Ребенок родился ростом 49 см. Какой рост должен быть у него в 7 месяцев, 6 лет?
- Ребенок родился весом 3400г. Какой вес должен быть у него в 8 месяцев, 5 лет, 13 лет?

Задачи без ответов

- Какое артериальное давление должно быть у ребенка 5 лет?
- Рассчитать суточную калорийность пищевого рациона ребенка 6 лет.
- Определить количество мочи, выделяемой за сутки ребенком 3 лет.
- Определите цену деления шприца, если от подигольного конуса до цифры «1» - 20 делений.
- Во флаконе ампициллина находится 0,5 сухого лекарственного средства. Сколько нужно взять растворителя, чтобы в 0,1 мл раствора было 0,05 г сухого вещества?
- Во флаконе пенициллина находится 1 млн. ЕД сухого лекарственного средства. Сколько нужно взять растворителя, чтобы в 0,1 мл раствора было 100000 ЕД сухого вещества?

Задачи без ответов

- Во флаконе оксацалина находится 0,25 сухого лекарственного средства. Сколько нужно взять растворителя, чтобы в 1 мл раствора было 0,1 г сухого вещества?
- Сколько нужно взять растворителя для разведения 20 млн. ЕД пенициллина, чтобы в 0,5 мл раствора содержалось 100000 ЕД сухого вещества?
- Сколько нужно взять 10% раствора осветленной хлорной извести и воды (в литрах) для приготовления 6л 5%раствора?
- Сколько нужно взять хлорамина (сухое вещество) в г и воды для приготовления 3 литров 5%раствора?
- Для постановки согревающего компресса необходимо 25 мл 40% раствора этилового спирта. Сколько для этого нужно взять 96% спирта?

Заключение

- В 2010 г. я придумал математическую модель, применил ее в лингвистике и представил на конференции. Доклад называется «Великий, могучий и... гармоничный русский язык». Была попытка применения этой модели в биологии, пока безуспешно. Но это относится больше к исследовательской деятельностью. Как написал Киплинг, дальнейшие приключения Маугли – «... это история для взрослых».

Заключение

- Сегодня подавляющее число старшеклассников учатся избирательно и готовятся только к тем предметам, по которым они будут сдавать экзамены для поступления в вуз. Если вступительные экзамены на биофаке и в большинстве факультетов медицинских университетов – биология, химия и русский язык, то освоение математики приходится отложить.
- Результаты данной работы можно применять на уроках биологии и математики, на занятиях в специализированных классах, изучающих медицину, а также для проведения бинарных уроков.

Литература

- 1. Березина Л. Ю. Графы и их применение. Пособие для учителей.- М.: «Просвещение», 1979
- 2. Беккер М. С. Методическое пособие по дисциплине «Математика» по теме : «Применение математических методов в медицине». Кисловодск, 2011
- 3. Хай Г. А. Теория игр в хирургии.- Л.: Медицина, 1978
- 4. Статья. Абдулжалиева А. К., Долгополова А. Ф. Применение математических методов в естествознании. Ставропольский государственный аграрный университет.
- 5. Статья. Кепчик Н. В. Математические методы в биологии в контексте университетского образования. Белорусский государственный университет.