

# Применение математических методов и ИКТ в биологии и в медицине

Карташян Марсел Вардгесович  
МБОУ лицей №6, г. Шахты

# 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. Вольтерра (1860-1940) применил дифференциальные и интегральные уравнения, А. А. Ляпунов применил первые методы математического моделирования, И. М. Гельфанд применил методы оптимизации.

# 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.

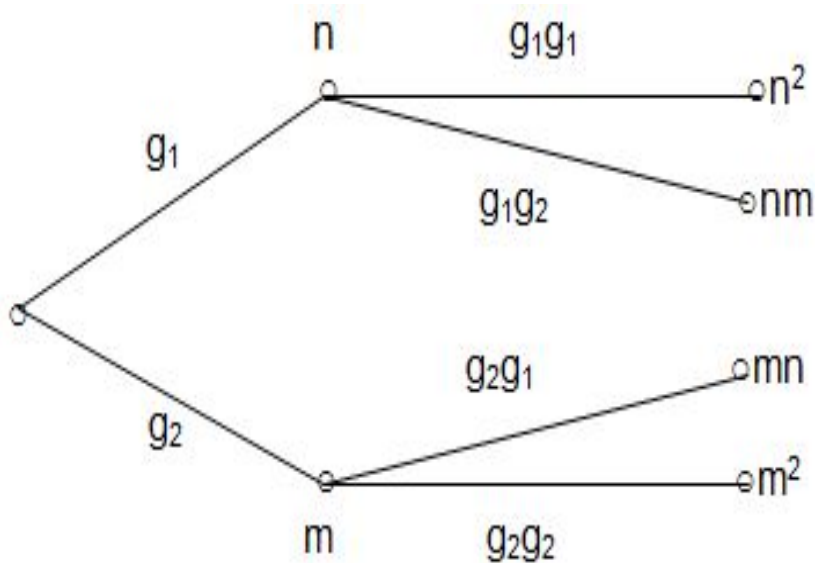
# методов и ИКТ в биологии и в медицине

- 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.



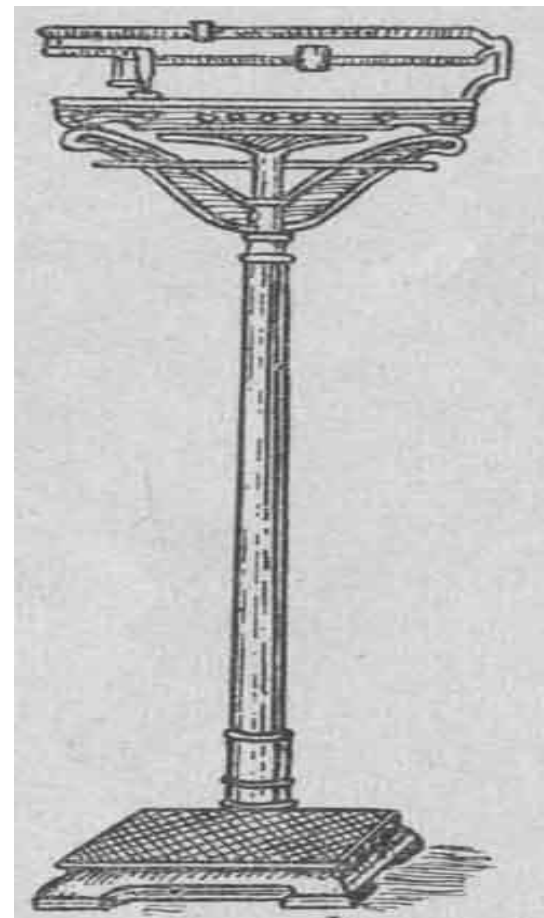
# Антропометрия

- По известным в медицине способам можно приближённо определить долженствующую 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.



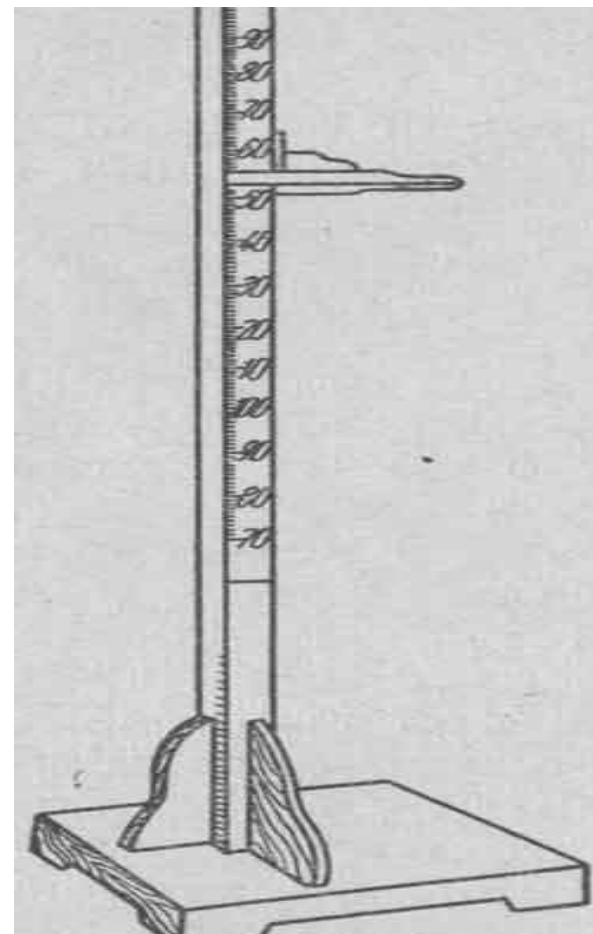
# Антропометрия. Расчёт прибавки массы детей

- 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.

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

<b>Шоковый индекс</b>	<b>Дефицит ОЦК</b>	<b>Потеря крови в мл</b>
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.



# Гипертония. 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:

$$D=80+2\cdot 7=94 \text{ мм РТ. ст.}$$

Минимальное давление составляет  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{1}{3}$  максимального. Суточная

калорийность равна

$$1000+100\cdot 7=1700 \text{ ккал.}$$

Количество мочи за сутки равно

$$600+100\cdot (7-1)=1200 \text{ мл.}$$



# Фармакология

- Пусть во флаконе ампициллина или оксацилина (или пенициллина) 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  
мл.

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

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 А1 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.