

Академично слово на проф. д-р Николай Янев

Уважаеми г-н Ректор,
Уважаеми заместник-ректори и членове на Академичния съвет,
Уважаеми г-н Декан на ФМИ-СУ,
Уважаеми колеги и гости,

Първо бих искал да изразя моята най-дълбока признателност към нашата Алма Матер за този избор, който не само удостоява, но и задължава да се носи с чест и отговорност това високо признание. В нашата Алма Матер са се учили още моят дядо, баща ми и майка ми, моята съпруга и моята дъщеря. От 1964 година, когато съм постъпил като студент във ФМИ-СУ, та до сега, „пъпната връв“ с Факултета и Университета никога не е била прекъсвана. Напротив, водил съм упражнения, чел съм различни курсове лекции, писал съм сборници и учебници, обучавал съм дипломанти и аспиранти. Имам 8 защитили докторанти, от които са станали трима професори и двама доценти.

Радостно е, че вече имам и внуци, в научния смисъл на тази дума. Гордея се с всички мои ученици, с които продължаваме да работим заедно в областта на разклоняващите се стохастични процеси и техните приложения.

Така естествено стигаме до темата на днешната лекция

Разклоняващи се стохастични процеси като модели на популационна динамика

Веднага искам да успокоя аудиторията, че това няма да бъде строга математическа лекция със сложни формули, интеграли, уравнения и теореми. Това ще бъде по-скоро една сказка, в която да се опитаме да разберем популярно какво всъщност се крие зад това заглавие, да вникнем във философията на нещата, да разберем някои принципи на математическото (по-точно

стохастичното) моделиране и приложенията на математиката (в частност на стохастиката).

Първо, да се опитаме да разшифроваме заглавието. Да отбележим, че там има една не много популярна дума „стохастични“. Тя прозлиза от думата СТОХАСТИКА (с древногръцки произход) и като наука обединява Теория на вероятностите и Математическата статистика, т.е Стохастиката се занимава с математически анализ на понятието случайност. Всъщност всичко на този свят е случайност, а така нареченият „детерминизъм“ е всъщност частен (граничен случай) от всеобщата случайност. Така че понятието „стохастично“ често се интерпретира като „случайно“.

Да отбележим, че ние много често не си даваме сметка за случайните явления, боравейки само е една тяхна характеристика. Например: средна продължителност на живот, средна заплата или средна пенсия, среден месечен доход, средна скорост, средно поскъпване, средно нарастване, среден брой бракувани изделия и т.н. Но тук има и други важни неща за които трябва да се внимава. Известен е този случай, когато един философ се удавил, пресичайки река, чиято средна дълбочина е била 1 метър.

Разбира се, типичен пример на случайност са лотариите, хазартните игри и прочие.

А стохастичните процеси (понякога се наричат и случайни процеси) изследват най-често развитието във времето на случайни феномени.

Между другото един от тазгодишните Нобелови лауреати по физика професор Giorgio Parisi (Рим, Италия) е удостоен с тази награда за изследвания, свързани с приложения на случайни процеси във физиката. Имах честта през 2019 година да бъда избран заедно с него като Doctor Honoris Causa of the University of Extremadura (Spain). Той сподели, че чете лекции по „Стохастични методи във физиката“. Професор Паризи

специално се интересува от разклоняващи се стохастични процеси, особено когато стана ясно, че аз съм от научната школа на А.Н.Колмогоров. Името на Колмогоров е известно в науката като един от най-великите математици на 20 век и изобщо в цялата история на математиката. Всъщност терминът „разклоняващи се процеси“ е въведен от Колмогоров в началото на 40-те години и официално се появява в една научна статия (1947) на Колмогоров и неговия аспирант Николай Дмитриев (българин по произход, внук на Ботев четник). Но на това ще обърнем внимание малко по-късно, а сега да се опитаме да обясним накратко същността на понятието „разклоняващи се стохастични процеси“.

Въобщие, има много и различни класове стохастични процеси, които описват различни случайни феномени. Най-общо казано, разклоняващите се стохастични процеси се появяват като математически модели, описващи динамиката (т.е. развитието) на популации (т.е. съвкупности) от обекти, които по някакви стохастични (случайни) закони могат да пораздат или да се превръщат в нови обекти от същия тип (или типове). Тези обекти, които в литературата често се наричат частици или индивиди, могат да имат най-разнообразна природа: елементарни частици (фотони, електрони, неутрони, протони, алфа, бета, гама частици), йони, атоми, молекули, гени, клетки, микроорганизми, растения, животни, хора, информация и т.н. По този начин много реални явления от физиката, химията, биологията и медицината, епидемиологията, демографията, икономиката и т.н. могат да бъдат описани и изследвани с помощта на различни модели разклоняващи се стохастични процеси.

Типични примери са верижните ядрени реакции, от които се интересува Колмогоров и за чието моделиране създава знаменития си семинар „Разклоняващи се стохастични процеси“, където започва да развива модерната теория на тези процеси. А неговият аспирант българинът Николай Дмитриев е привлечен в

изследователския център в закрития град Саров, където той прилага и развива успешно тази теория и става фактически един от основните създатели на съветската атомна и водородна бомба. Аз съм публикувал специална статия по този повод, която се нарича „Един български гений в математиката и физиката“ (44 пролетна конф. на СМБ, 2015). А разклоняващи се стохастични процеси протичат днес във всички ядрени реактори и е много важно да можем умело да ги управляваме.

Друг пример е т.н. електронно-фотонен каскад, който се предизвиква от навлизането на космическите лъчи в атмосферата, и дори в момента резултатите на този разклоняващ се процес достигат до нас.

Но всъщност разклоняващите се стохастични процеси са много по-близо до нас, а някои от тях са фактически вътре в нас самите. Като е добре известно в човешкия организъм има между 30 и 40 трилиона клетки, но все още не се знае точният им брой. Изключително сложно е да се преброят **човешките клетки**. Те постоянно загиват и се произвеждат нови, но също така реалният брой клетки варира от човек до човек в зависимост от възрастта, височината, теглото, здравословното състояние и други фактори. Тъй като организъмът е сложен, клетките са специализирани. Това означава, че всеки тип клетки изпълняват уникална и специфична функция. Поради тази причина всяка от тези 200 различни видове клетки има различна структура, размер, форма, функция и т.н.

Така една голяма част от клетките се намират в процес на клетъчна пролиферация, т.е. на развитие във времето и деление. С други думи всеки тип клетка живее случайно време (съгласно някаква функция на разпределение) и в края на своя живот с някаква вероятност **P** поражда две нови клетки от същия тип или с вероятност **1-P** загива без да остави потомство. Всяка нова клетка започва да еволюира по същия начин и т.н. по този начин се развива един разклоняващ се стохастичен процес, при който във всеки момент броят на живите клетки е една случайна величина. Като е известно, случайните величини приемат определени стойности със съответни вероятности.

Тук естествено възниква въпросът: каква е тази вероятност P ? Но това е вече работа на Математическата статистика, която оценява P въз основа на статистическа информация получена при наблюдение на реалния процес. Аналогично стои въпросът с оценяване на функцията на разпределение на времето за живот. Да отбележим, че статистическото оценяване, което се осъществява при разклоняващите се процеси е всъщност една много сложна математическа задача.

Това, което описахме по-горе, е най-простият модел на разклоняващ се процес, който моделира явлението „клетъчна пролиферация“. Този модел може да бъде усложнен по много начини, при които клетките от един тип могат да пораждават клетки от друг тип с други индивидуални характеристики (например мутанти). С помощта на разклоняващи се процеси се описва клетъчна пролиферация, както на нормални, така и на ракови тъкани. Тук бих искал да отбележа, че по тази тематика съвместно с професор Андрей Ю. Яковлев сме написали една монография със заглавие „*Transient processes in Cell proliferation Kinetics*“, Springer (1989). Проф. А. Яковлев, по образование лекар, завършил в Петербург, Русия, беше достигнал до ръководител на катедрата по Биоматематика в Университета на Рочестър (САЩ). Една ярка творческа личност, на когото дължа привличането ми в тази интересна тематика.

А възникването си теорията на разклоняващите се стохастични процеси дължи всъщност на един чисто демографски проблем, разглеждан след втората половина на 19 век от френския математик Биенеме и англичаните Галтон и Уотсън. Те се интересували от въпроса за израждането на известните знатни фамилии. Считало се е, че над тях тежи някакво проклятие, но всъщност се оказало, че математическият модел основаващ се на внимателен стохастичен анализ на развитието на всяка една фамилия, води до това че съществува винаги положителна вероятност за израждане и при определени условия тази вероятност става единица, т.е. фамилиите рано или късно се израждат, т.е. изчезват. Основният параметър е средният брой потомци от един индивид за едно поколение, да го наречем m . Та ако m е по-малък или равен на 1, то популацията се изражда с вероятност единица, а ако е по-голям от единица, то

вероятността за израждане е по-малка от единица и нейната стойност се явява решение на едно нелинейно уравнение.

Този факт обяснява и естественото израждане на биологичните популации. Както е известно от данни на палеобиологията, от всичките някога съществували биологични популации около 99.99 % са изчезнали, т.е. това, което наблюдаваме в момента, е едва 0.01 % от цялото биологично разнообразие. Всъщност биологични популации продължават да изчезват и в наши дни, пред очите ни.

Сега е може би моментът да кажем нещо повече за математическата същност на Теорията на разклоняващите се стохастични процеси. Най-общо казано, можем да опишем един такъв процес, при който частиците живеят случайно време (с някаква функция на разпределение) и в края на своя живот произвеждат случаен брой нови частици (със съответно разпределение), всяка от които еволюира по същия начин. Тук възникват много въпроси: какво е вероятностното разпределение на броя на частиците в даден момент, какъв е средният брой и дисперсията, каква е вероятността за израждане на процеса, какво е неговото асимптотично поведение и т.н. Процесите освен това могат да бъдат многомерни, когато в тях участват повече от един тип частици. Могат да бъдат и безкрайномерни, когато типът е някакъв непрекъснат параметър (например енергия). Процесите освен това могат да бъдат с дискретно или непрекъснато време. Дискретни процеси се получават, когато например разглеждаме само последователните поколения. Разглеждат се и по-сложни модели, в които се допуска допълнително взаимодействие с околната среда, например имиграция, емиграция или случайна миграция на нови частици. Основен апарат често се явяват пораждащите (производящи) функции, за които при различните модели се получават нелинейни интегрални или диференциални уравнения (или системи в многомерните случаи).

За своето 170-годишно развитие Теорията на РСР се е развива неимоверно като са написани огромно количество статии с научен или приложен характер и няколко десетки книги и монографии. Българската школа в това отношение се представя достойно като на нас се падна честта да организираме и Първи Световен Конгрес по РСР във Варна през 1993 г. Да отбележим и

провеждането на няколко международни Workshops, организирани в последните години.

Още от началото на Ковид-19 пандемията, заедно с моите бивши аспиранти доцент Весела Стоименова (ФМИ-СУ) и доцент Димитър Атанасов (НБУ) ние създадохме един модел на разклоняващи се процеси, който да опише епидемичното развитие и най-важното да оцени т.н. репродуктивно число, т.е. средния брой инфектирани от един носител на вируса. В резултат на нашите изследвания ние публикувахме няколко статии с различни усложнения, включвайки имиграционна компонента, придобит имунитет чрез преболедуване или ваксинация. Да отбележим, че това е един разклоняващ се процес с два типа индивиди: инфектирани, но не регистрирани, а от друга страна, инфектирани и карантинирани. Освен това процесът е в дискретно време (по дни). Използвайки ежедневната информация за регистрираните инфектирани ние успяваме да оценим репродуктивния параметър на инфекцията.

Бих искал да отбележа, че един модел относно Ковид, основан на разклоняващ се процес с непрекъснато време, бе успешно развит и от моята бивша аспиранта сега професор дмн Марусия Божкова (ФМИ-СУ).

Нямаме време да се спрем подробно на тези модели, но те бяха популяризирани и изиграха своята положителна роля, а ще се ползват и усъвършенстват и по нататък.

Съвременното развитие на математиката, и в частност ТВ и МС, се обуславя от два мощни фактора: вътрешното развитие на теорията и непрекъснатия приток на нови и все по-сложни проблеми от заобикалящата ни действителност. По-голямата част от моите около 150 научни статии са възникнали вследствие на открити чисто математически проблеми, но около 30 от статиите са свързани с реални приложения на разклоняващите се стохастични процеси, най-вече в областта на биологията и медицината. Като правило съществуващата математика се оказвала недостатъчна за моделиране на реалните процеси и е трябвало да се въвеждат и изследват нови класове разклоняващи се стохастични процеси. Така са възникнали и решени нови математически проблеми, публикувани в чисто математически списания.

Заобикалящият ни свят и общество са стохастични по своята същност. Поведението на индивида или обществото не могат да бъдат описани с детерминистични функции, те имат ярко изразен стохастичен характер. И тук стигаме до един от големите парадокси на човечеството: нашето възпитание по своя характер е строго детерминистично и това води до конфликти със заобикалящият ни стохастичен свят. На нас от малки ни втъпяват, че всичко е свързано в причинно-следствени връзки, пренебрегвайки изобщо категорията случайност. А има и много примери за вредата от фундаменталния детерминизъм, който ярко се проявява в редица религиозни норми и ненаучни идеологии, донесли толкова беди на човечеството.

И тук естествено стигаме до въпроса за стохастичното образование и възпитание, защото стохастичната култура е важна част от общата култура на индивида и нацията. Днес практически в почти всички университетски специалности се изучава в различна степен ТВ и МС. В развитите страни елементи на стохастиката са станали вече неизменна част от средното образование по математика, като в някои страни, то започва от началните класове или дори от детските градини. В този процес у нас важна роля играе Факултетът по Математика и Информатика на СУ и преди всичко катедрата по «Вероятности, операционни изследвания и статистика», където съм имал честта да преподавам и колаборирам през всичките тези години на моята научна кариера. А ползотворното сътрудничество между ФМИ-СУ и ИМИ-БАН играе важна роля в ползотворното развитие на математиката и информатиката в нашето любимо отечество България. Това е и един ярък пример на взаимодействие и колаборация между двете най-стари и престижни научни институции у нас: БАН и СУ.

Накрая позволете ми още веднъж да изразя моита искрена и дълбока благодарност на колегите от Факултета и Катедрата, както и на нашата любима Алма Матер – СУ «Св.Климент Охридски». За мен лично е чест и отговорност да нося високото звание Doctor Honoris Causa на Софийския университет «Св.

Климент Охридски» и аз ще дам всичко от мен да бъде достоен за
за това звание. Благодаря за вниманието!

София, 13.10.2021

*Професор д-р Николай М. Янев,
ИМИ - БАН*