

Кит Йейтс

МАТЕМАТИКА НА ЖИВОТ И СМЪРТ

7 МАТЕМАТИЧЕСКИ ПРИНЦИПА,
КОИТО ОПРЕДЕЛЯТ ЖИВОТА НИ

София, 2020

Преводът е направен по изданието:

KIT YATES

THE MATHS OF LIFE AND DEATH

Quercus Editions Ltd

An Hachette UK company

Copyright © 2019 by Kit Yates

Illustrations by Amber Anderson

© Издателство „Изток-Запад“, 2020

Всички права на български език запазени. Нито една част от тази книга не може да бъде възпроизвеждана или предавана под каквато и да е форма и по какъвто и да било начин без изричното съгласие на „Изток-Запад“.

© Росен Люцканов, превод, 2020

© Деница Трифонова, оформление на корицата, 2020

ISBN 978-619-01-0571-8

КИТ ЙЕЙТС

МАТЕМАТИКА
НА ЖИВОТ
И СМЪРТ



*7 математически принципа,
които определят живота ни*

Превод от английски
Росен Люцканов



*На родителите ми,
Тим, Нанси и Мери,
които ме научиха да чета,
и на сестра ми Луци,
която ме научи да пиша.*

Съдържание

Въведение. ПОЧТИ НАВСЯКЪДЕ / 9

1

ДА МИСЛИШ ЕКСПОНЕНЦИАЛНО

Запознаване със страховитата сила
и отрезвяващите ограничения
на експоненциалното поведение / 17

| | |
|---------------------------------------|----|
| След дъжд качулка | 18 |
| Колко любопитно нещо е лихвата! | 20 |
| Експоненциалният ембрион | 24 |
| Унищожителят на световите | 25 |
| Атомната карта | 30 |
| Науката за датирането | 33 |
| Ледената кофа | 37 |
| Експоненциално ли е бъдещето? | 39 |
| Популационна експлозия | 42 |
| Времето лети, щом остаряваш | 45 |

2

ЧУВСТВТЕЛНОСТ, СПЕЦИФИЧНОСТ И ЗНАЧЕНИЕТО НА ВТОРОТО МНЕНИЕ

Защо е важна математиката
за медицината? / 51

| | |
|-------------------------------------|----|
| Какъв е рискът? | 54 |
| Еврика! | 60 |
| Уравнението на Бог | 66 |
| Фалшива тревога | 69 |
| Големият екран | 75 |
| Илюзорната сигурност | 79 |
| Два теста са по-добри от един | 83 |

 3

ЗАКОНИТЕ НА МАТЕМАТИКАТА

Или за ролята на математиката
в съдебната зала / 93

| | |
|---|-----|
| Аферата „Драйфус“ | 94 |
| Виновен до доказване на противното? | 97 |
| 73 000 000 към 1 | 99 |
| Погрешно допускане за независимост | 100 |
| Екологичната заблуда | 106 |
| Прокурорска заблуда | 113 |
| Нокс и ножът | 119 |
| Заслепени от математиката | 126 |

 4

НЕ ВЯРВАЙ В ИСТИНАТА!

Разобличаване на медийните статистики / 131

| | |
|--|-----|
| Задачата за рождения ден | 135 |
| Авторитетни фигури | 141 |
| Трудно за преглъщане | 145 |
| Направи си сметката! | 147 |
| Лекомислената консумация на свинско може да ви струва живота.... | 152 |
| Различен начин на мислене | 156 |
| Регресивни нагласи | 158 |
| Да уловиш вълната | 166 |

 5

НА ПОГРЕШНОТО МЯСТО В ПОГРЕШЕН МОМЕНТ

Развитие на числовите системи
и как те ни подвеждат / 169

| | |
|--------------------------|-----|
| Мястото | 172 |
| Времето | 178 |
| На дузини | 185 |
| Имперското правило | 187 |
| „Проблем 2000“ | 193 |
| Двоично мислене | 195 |

6
НЕУМОРНА ОПТИМИЗАЦИЯ

**Безграничният потенциал
на алгоритмите – от еволюцията
до електронната търговия / 203**

| | |
|---|-----|
| Въпроси за един милион долара..... | 206 |
| $P = NP?$ | 208 |
| Скъпернически алгоритми | 215 |
| Силно еволюирал..... | 219 |
| Кога е най-добре да спрем да търсим?..... | 224 |
| Запазете спокойствие и си проверявайте алгоритмите! | 229 |
| Светкавичен срив..... | 233 |
| Да се спуснеш след стадото | 235 |

7
ПОДАТЛИВ, ЗАРАЗЕН, ПРЕМАХНАТ

**Контролът над заболяванията е
в собствените ни ръце / 239**

| | |
|--|-----|
| Едрата шарка – едно голямо бедствие | 242 |
| Моделът S-I-R..... | 245 |
| Презентизъм, предсказания и проблеми: случаят с чумата..... | 248 |
| Човешкият папиломен вирус – нещо повече от причинител на рак..... | 252 |
| Следващата пандемия..... | 255 |
| Пациент нула | 257 |
| R_0 и експоненциалният растеж..... | 259 |
| Поемане на контрол | 263 |
| Групов имунитет..... | 266 |
| Господин Приорикс..... | 269 |

Послепис. МАТЕМАТИЧЕСКА ЕМАНЦИПАЦИЯ / 275

Благодарности / 279

Бележки / 283

Въведение

ПОЧТИ НАВСЯКЪДЕ

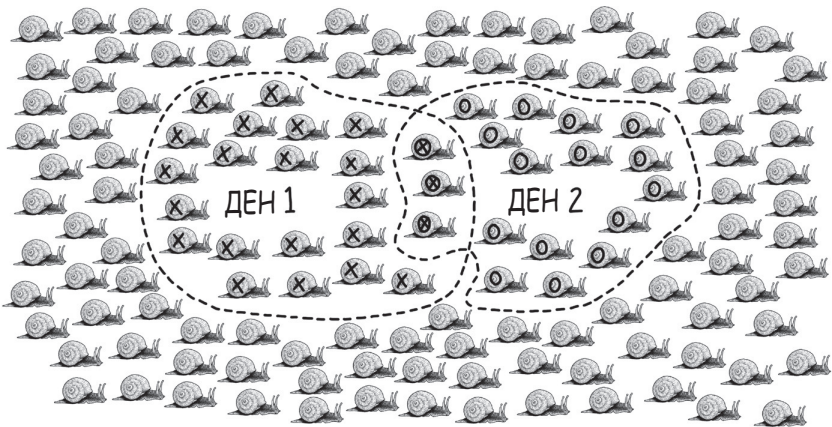
Моят четиригодишен син обича да си играе в градината. Любимото му занимание е да изравя и да изучава разни пълзящи твари, най-вече охлюви. Ако е достатъчно търпелив, след като преодолеят първоначалния шок, те се показват предпазливо от черупките си и започват да пълпят по малките му ръчички, оставяйки след себе си лигава слуз. След като му стане досадно, той ги захвърля по най-безсърдечен начин върху купчина опадали листа или до купчината дърва зад бараката.

В края на миналия септември, след особено усилни занимания, при които беше изровил и строил в редица пет или шест доста едри екземпляра, той дойде при мен, докато режах дърва за огнището, и попита: „Тате, колко е [sic] охлювите в градината?“ Измамно елементарен въпрос, за който няхах готов отговор. Можеше да са 100 или пък 1000. Честно казано, той едва ли щеше да схване разликата между двата случая. Въпреки това въпросът му възбуди интереса ми. Как можехме да проверим това заедно?

Решихме да проведем експеримент. Следващия уикенд, в събота сутринта, отидохме отново да търсим охлюви. След 10 минути разполагахме с общо 23 коремоноги. Извадих от задния си джоб маркер и поставих миниатюрно кръстче на черупката на всеки от тях. След като ги белязахме по този начин, обърнахме кофата и ги пуснахме обратно в градината.

Седмица по-късно повторихме упражнението. Този път десет-минутното ни търсене ни осигури едва 18 охлюва. Щом ги огледахме внимателно, открихме, че 3 от тях имаха кръст на черупката, а останалите 15 не бяха белязани. Това беше всичко, което ни трябваше, за да стигнем до отговора.

Идеята е следната. Броят на охлювите, които бяхме уловили първия ден, 23, е известна част от съвкупната популация, която обитава градината. Нейният брой искахме да определим. Ако успеехме да определим какъв дял от всички са онези 23 охлюва, щяхме да научим колко са те. За тази цел използвахме втора извадка (онази, която събрахме през втората събота). Дялт на белязаните индивиди в тази извадка, $3/18$, би трябвало да е представителен за дела на белязаните индивиди в градината като цяло. Щом опростим дробта, откриваме, че белязаните охлюви са една шеста от цялата популация (това е показано на фигура 1). Затова умножаваме броя на белязаните индивиди, уловени през първия ден – 23, по 6 и така получаваме оценка за общия брой на охлювите в градината, който възлиза на 138.



Фигура 1. Съотношение (3:18) между броя на повторно уловените охлюви (белязани с \otimes) и общия брой на охлювите, уловени през втория ден (белязани с \circ), което би трябвало да съвпада със съотношението (23:138) между броя на охлювите, уловени през първия ден (белязани с \times), и общия брой на охлювите в градината (белязани и небелязани).

След като приключих със сметките, се обърнах към сина ми, който „обгрижваше“ уловените охлюви. Какво научи той, щом му казах, че в градината ни живеят приблизително 138 охлюва? „Тате – каза ми той, вперил очи в парченцата от черупка, залепнали върху пръстите му. – Този май го убих.“ Нека, значи, да кажем, че охлювите са 137.

Този прост математически трик се използва в екологията, където се прилага за определяне на числеността на животинските популации. Можете да го приложите и сами, като изготвите две независими извадки и след това проверите припокриването между тях. Може например да искате да определите броя на лотарийните билети, продадени на градския панаир, или на присъстващите на футболен мач, като за целта използвате кочаните за билети, вместо да броите директно.

Същата техника се използва и в истински научни изследвания. Тя може да ни осигури информация за вариращата численост на застрашени видове. Осигурявайки оценка за броя на рибите в езерото,¹ тя позволява на рибните стопанства да съобразят с него броя на издадените риболовни билети. Толкова голяма е нейната ефективност, че тя е напуснала пределите на екологията, осигурявайки надеждни оценки за всякакви величини – от дела на злоупотребяващите с наркотици,² до броя на убитите във войната в Косово.³ Голяма е мощта дори на най-простите математически идеи. Такива са и онези от тях, които ще разгледаме в тази книга и които използвам ежедневно в работата си като математически биолог.



Когато казвам на хората, че съм математически биолог, обикновено следва вежливо кимване с глава, последвано от неловко мълчание, все едно се готвя да ги препитам за формулата за повдигане на квадрат или за теоремата на Питагор. Хората не просто се плашат, а не могат да разберат как нещо като математиката, която те смятат за абстрактна, затворена в себе си дисциплина, занимаваща се с неща извън времето и пространството, може да има нещо общо с биологията, която обикновено се

възприема като приложна, объркана, но все пак прагматична. На това изкуствено разделение обикновено се натъкваме още в училище: ако харесваш науката, но не се справяш особено добре с алгебрата, обикновено те тласкат към биологията. От друга страна, ако харесваш науката, но не и това да кълцаш разни умрели неща (веднъж припахнах преди урок, защото влязох в лабораторията и видях глава на риба, поставена на масата пред моето място), те насочват към физиката. Тези два пътя никога не се пресичат.

С мен стана точно така. Бързо заряха биологията, но получавах отлични оценки по математика, физика и химия. Щом постъпих в университета, трябваше допълнително да окастрия своите интереси и се натъжих, че в резултат биологията продължи да се отдалечава от мен. Въпреки това мислех, че това е наука, която има огромни възможности да промени живота ни към добро. Бях силно развълнуван от възможността да се гмурна в света на математиката, но не можех да не се тревожа, че се захващам с наука, която има твърде малко практически приложения. Едва ли има по-голямо заблуждение от това.

Докато се тътрех из дебрите на чистата математика, която ни преподаваха в университета, наизустявайки неща от рода на доказателството на теоремата за средните стойности и дефиницията за векторно пространство, намирах огромно удоволствие в курсовете по приложна математика. Слушах преподавателите, които ни запознаваха с математическите теории, които инженерите използват, за да строят мостове, така че да не изпаднат в резонанс и да не се разпаднат или пък да рухнат под силата на вятъра, а също когато проектират крилата на самолетите, така че те да ги носят в небето. Запознах се с квантовата механика, която физиците използват, за да вникнат в странните събития, протичащи в субатомен мащаб, както и със специалната теория на относителността, която проследява странните следствия от неизменността на скоростта на светлината. Посещавах курсове, в които се обясняваше как се прилагат математически техники в химията, финансите и икономиката. Четях как треньорите използват математиката, за да подобрят представянето на професионалните състезатели, и как с нейна помощ във филмите се

създават компютърно генерирани образи, които не биха могли да бъдат видени в реалността. Накратко казано, тогава научих, че математиката може да се използва за описване на, практически, всичко.

През третата година от моето следване имах щастието да се запиша в курс по математическа биология. Той се водеше от Филип Майни, симпатичен 40-годишен професор, родом от Северна Ирландия. Той не просто беше влиятелна фигура в своята област (предстоеше да бъде избран за член на Кралското общество), но очевидно беше запленил от своя предмет и ентузиазмът му заравяваше студентите в лекционната зала.

Филип ме научи не само на математическа биология. Той ми показва, че математиците са човешки същества, които са способни да изпитват емоции, а не праволинейни роботи, както често биват представяни. Противно на мнението на унгарския специалист по теория на вероятностите Алфред Рени, математикът не е просто „машина, която превръща кафе в теореми“. Докато седях в кабинета на Филип преди изпита за докторантура, видях окачени по стените, при това поставени в рамка, многобройни откази от клубове от Висшата лига, в които той на шега беше кандидатствал за позицията на мениджър. В резултат разговаряхме повече за футбол, отколкото за математика.

Решаващо значение за този етап от академичната ми кариера имаше това, че Филип ми помогна да опозная повторно биологията. По време на писането на дисертацията ми под негово ръководство аз се занимавах с всякакви неща – от това как протича роеването на скакалците и как да го спрем, до сложната хореография на развитието на ембрионите на бозайниците и унищожителните последици, когато то излезе от ритъм. Изграждах модели, обясняващи как яйцата на птиците се сдобиват с красивата си окраска, и пишех алгоритми, проследяващи движението на бактерия във водна среда. Правех симулации на нахлуването на паразити в човешкото тяло и моделирах начина, по който смъртоносните болести се разпростират сред популацията. Начинанията, с които се захванах по това време, се превърнаха в основа на цялата ми работа от тогава насетне. Продължавам да се занимавам с тези удивителни области в биологията, както и с много други, сега вече

със собствените ми докторанти, заемайки позицията на доцент по приложна математика в университета в Бат.



Като специалист по приложна математика, аз я виждам преди всичко като практичен инструмент за осмисляне на сложния свят, в който живеем. Математическото моделиране ни дава предимство в нашето ежедневие и невинаги изисква стотици оплетени уравнения или сложни компютърни алгоритми. Най-важното в математиката е търсенето на зависимости. Всеки път, когато погледнете света, вие изграждате собствен модел на наблюдаваните от вас зависимости. Ако забележите повтарящ се мотив в разклоняващите се клони на дърветата или пък в многостранната симетрия на снежинката, вие виждате математика. Когато потропвате в такт с музиката или гласните ви струни трептят, докато си пеете в банята, вие чувате математика. Когато вкарвате гол или хващате летяща по параболична траектория топка, вие правите математика. С всяко ново преживяване, с всяка частица сетивна информация вашите модели на света се усъвършенстват, преобразуват, стават все по-детайлни и сложни. Изграждането на математически модели, предназначени да разкрият тайните на действителността, е най-добрият възможен начин да осмислим правилата, от които се ръководи случващото се в света около нас.

Вярвам, че нашите най-елементарни, но и най-важни модели са разказите и аналозиите. Най-добрият начин да илюстрираме незабележимите с просто око влияния на математиката е, като демонстрираме нейното въздействие върху живота на хората: от най-необичайните до най-прозаичните му прояви. Използвайки подходяща гледна точка, ще започнем да разкриваме стъпка по стъпка скритите математически правила, които са основата на нашето всекидневие.

Седемте глави в тази книга разказват реални истории за знаменателни събития, в които прилагането (правилно или погрешно) на математиката е изиграло ключова роля: хора, страдащи от увредените си гени, предприемачи, фалирали заради дефектни алгоритми, невинни жертви на съдебни грешки или софтуерни

дефекти. Ще проследим историите на инвеститори, които са пропилили своето състояние, и на родители, които са загубили своите деца заради математически грешки. Ще се борим с етическите дилеми, свързани със скрининговите програми и уловките на статистиката, ще разгледаме наболели социални проблеми, свързани с референдумите, предотвратяването на разпространението на болести, съдебната система и изкуствения интелект. От тази книга ще разберете, че математиката може да ни каже важни неща по всеки от тези въпроси (и не само по тях).

Вместо просто да посочваме онези случаи, в които математиката се оказва замесена, в идните страници ще ви въоръжа с прости математически правила и похвати, които могат да ви помогнат във вашето ежедневие: от това как да намерите най-доброто място във влака, до това как да запазите самообладание, когато получите неочакван резултат от медицинско изследване. Ще ви предложи елементарни трикове, чрез които да избягвате грешки при боравенето с числа. Заедно ще се поровим във вестникарските заглавия и ще се опитаме да разберем какво означават цифрите в тях. Ще хвърлим поглед и към генетиката, а освен това ще наблюдаваме математиката в действие, когато обсъждаме онези стъпки, които могат да ни помогнат да предотвратим разпространението на смъртоносни болести.

Надявам се вече да сте наясно, че това не е математически труд. Още по-малко това е книга за математици. На нейните страници няма да видите и едно уравнение. Нейната цел не е да извика далечните спомени за наученото в училище. Точно обратното. Ако някога сте се почувствали безсилни, помислили сте, че от вас не става математик, тази книга ще ви освободи от това заблуждение.

Аз съм убеден, че математиката е за всеки и че всички ние можем да оценим красивата математика, която е вложена в самата сърцевина на сложните феномени, с които се сблъскваме ежедневно. Както предстои да видим, математика има във фалшивите тревоги, които ни държат будни нощем, и във фалшивата увереност, която ни помага да заспим, в историите, с които ни заливат социалните медии, и в мемите, които се разпространяват чрез тях. Математика има в празниците в закона и в начините за

тяхното запълване, в технологиите, които спасяват човешки живот, и в онези, които го поставят на риск, в разпространението на смъртоносни болести и стратегиите за тяхното овладяване. Тя е най-добрият достъпен за нас начин да потърсим отговор на най-фундаменталните въпроси и загадки на Космоса, както и на мистериите, скрити в самите нас. Тя ни повежда по безчислени пътища и изчаква търпеливо забулена, втречена в нас, докато поемаме своя последен дъх.

ДА МИСЛИШ ЕКСПОНЕНЦИАЛНО

Запознаване със страховитата сила и отрезвяващите ограничения на експоненциалното поведение

Дарън Кадик е инструктор по кормуване от Калдикот, малко градче в Южен Уелс. През 2009 г. към него се обърнал приятел, който му отправил съблазнително предложение. Влагайки едва 3000 лири в местно инвестиционно обединение и откривайки още двама души, склонни да сторят същото, той щял да получи цели 23 000 лири след едва две седмици. Първоначално Кадик решил, че това е прекалено хубаво, за да е истина, и отклонил предложението. В крайна сметка обаче приятелите му го убедили, че „никой няма да загуби, защото схемата ще продължи да функционира безкрай“. В резултат той се решил да се включи. Загубил всичко и десет години по-късно продължава да живее с последиците от действията си.

Без да знае това, Кадик се бил оказал на самото дъно на финансова пирамида, която не можело да „продължи да функционира безкрай“. Появилата се през 2008 г. схема „Дай и вземи“ вече не откривала нови инвеститори и рухнала след по-малко от година, но все пак успяла да изсмуче 21 милиона лири от над 10 000 инвеститори във Великобритания, 90% от които загубили вло-

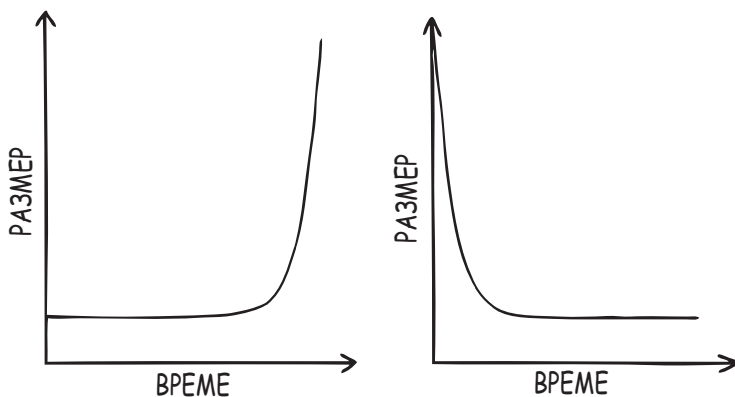
жените 3000 лири. Инвестиционните схеми, които разчитат на това всеки участник да привлече още няколко други, за да изплатят обещания дивидент, са обречени на провал. Броят на новите инвеститори, който е нужен на всяко следващо ниво, нараства пропорционално на броя на хората в схемата. След петнайсет цикъла в пирамида от този тип се оказват замесени над 10 000 души. Макар това да изглежда като голям брой, „Дай и вземи“ го достигнала лесно. След още петнайсет цикъла обаче, за да продължи схемата да работи, ще трябва да бъде привлечен един от всеки седмина души на планетата. Това бързо нарастване, което води до неизбежен недостиг на нови попълнения и окончателно то рухване на схемата, е известно като експоненциален растеж.

След дъжд качулка

Нещо нараства експоненциално, когато растежът му е пропорционален на настоящите му размери. Представете си, че когато отворите кутията с мляко на сутринта, една-единствена бактерия *Streptococcus faecalis* попада вътре, преди да я затворите. Това е бактерията, която е причина млякото да се кисне, но само една не може да направи кой знае какво, нали така?⁴ Вероятно ще се разтревожите повече, когато разберете, че при тези условия всяка от тези бактерии се разделя на две дъщерни клетки на всеки час.⁵ При всяко следващо поколение броят на клетките нараства пропорционално на текущата стойност, така че се наблюдава експоненциален растеж.

Кривата, която описва как една експоненциално растяща величина се увеличава във времето, напомня по формата си за рампите, използвани за акробатични номера със скейтборд или велосипед. Първоначално градиентът е твърде малък – наклонът се увеличава плавно (както се вижда за първата крива на фигура 2). След два часа в млякото ще има 4 бактерии, а след четири – едва 16, което не изглежда като кой знае какъв проблем. Както и при рампата за скокове обаче, височината на експоненциалната крива и нейният наклон рязко нарастват. Величините, които растат експоненциално, първоначално се увеличават бавно, но бързо наби-

рат скорост по неочакван за нас начин. След 48 часа експоненциален растеж, когато изсипете млякото върху зърнената си закуска, в кутията вече ще има хиляда трилиона бактерии, което вече е страховито количество, достатъчно да се вкиснете самите вие заедно с млякото. Към този момент на всеки човек на планетата ще се падат 40 000 бактерии. За експоненциалните криви понякога се казва, че са „J-образни“, тъй като силно напомнят за начина на изписване на тази буква. Разбира се, щом бактериите изчерпат хранителните вещества в млякото и променят киселинността му, условията за размножаването им се влошават и затова експоненциалният растеж може да бъде поддържан в ограничен период от време. В почти всяка реална ситуация експоненциалният растеж не може да се поддържа дълго и често има вредни последици, тъй като води до изчерпване на жизненоважни ресурси. Трайният експоненциален растеж на клетките в организма например е един от типичните белези на раковите образувания.



Фигура 2. Крива на експоненциален растеж с типичната J-форма (вляво) и експоненциален разпад (вдясно).

Друг пример за експоненциална крива са водните пързалки. Някои първоначално са толкова стръмни, че пуснеш ли се по тях, се чувстваш, все едно падаш отвесно. Този път обаче изпитваме експоненциален *разпад*, не експоненциален растеж (можете да видите пример за такава крива на втората графика във фигура 2). Експоненциален разпад се наблюдава, когато дадена величина на-

малява пропорционално на настоящия си размер. Представете си, че отваряте голяма опаковка с шоколадови дражета M&M, изсипвате ги върху масата и изяждате онези от тях, които са паднали с буквичката нагоре. После прибирате останалите за утре. На следващия ден разтръсквате опаковката и отново изсипвате дражета. Изяждате около половината от останалите, без значение колко точно са те. В резултат броят на дражетата намалява пропорционално на броя им в опаковката и така се стига до експоненциален разпад. По същия начин експоненциалната крива на водната пързалка започва високо и почти вертикално, така че се спуска бързо надолу; аналогично, когато дражетата са много, изяждаме доста от тях. Само че кривата постепенно намалява наклона си, докато не стане почти хоризонтална към края на пързалката; аналогично, колкото по-малко бонбони остават, толкова по-малко можем да изядем. Макар да не можем да предвидим дали едно конкретно драже ще падне с буквата нагоре или надолу, можем да предскажем, че броят на останалите дражета ще се описва от крива на експоненциален разпад.

В тази глава ще извадим най-ве скритите връзки между експоненциалното поведение и редица обичайни явления: разпространението на болести в популация или на мем в интернет, бързия растеж на ембрионите и бавното натрупване на пари в банковите ни сметки, възприятията ни за време и дори избухването на атомна бомба. Напредвайки по този път, ще разберем къде е проблемът с пирамиди като „Дай и вземи“. Съдбата на хората, чиито пари са изчезнали безвъзвратно, ще ни покаже колко е важно да умеем да мислим експоненциално, което на свой ред ще ни помогне да предвидим понякога удивителния темп на промените в днешния свят.

Колко любопитно нещо е лихвата!

В твърде редките случаи, в които влагам пари в банковата си сметка, намирам утеха, че без значение колко малка е сумата, тя винаги нараства експоненциално. Всъщност при банковите сметки експоненциалният растеж е неограничен поне на хартия. При

сложна лихва (когато лихвата се добавя към първоначалната сума и сама се олихвява) парите в сметката нарастват в зависимост от настоящия ѝ размер – ключовата отлика на експоненциалния растеж. По думите на Бенджамин Франклин „парите правят пари и парите, които са направени от парите, правят още пари“. Ако можеш да чакаш достатъчно дълго, дори най-малкият влог ще се превърне в цяло състояние. Все пак не се спускайте да внасяте спестяванията си за черни дни. Ако вложите 100 лири при 1% годишна лихва, ще бъдат нужни 900 години, за да станете милионер. Въпреки че експоненциалният растеж често е доста стремителен, ако скоростта на нарастване и първоначалната инвестиция са малки, той няма да ви се види особено бърз.

Обратната страна на въпроса е в това, че тъй като ви се начислява фиксирана лихва върху дължимата сума (която често е доста голяма), задълженията по кредитни карти също нарастват експоненциално. Също като при ипотеките, колкото по-бързо изчислите задълженията си и колкото повече плащате в самото начало, толкова по-малка е общата сума, тъй като експоненциалният растеж така и не успява да се ускори.



Изплащането на ипотеките и изчистването на други задължения е една от основните причини да се включат в схемата, приведени от жертвите на пирамидата „Дай и вземи“. Изкушението да получиш бързи и лесни пари, с които да намалиш финансовото бреме върху плещите си, се оказало твърде силно за някои въпреки мъчителното съмнение, че нещо не е наред. Както признава Кадик: „Старата поговорка, че „ако нещо изглежда прекалено хубаво, за да бъде вярно, сигурно наистина не е такова“, важи с пълна сила и в този случай.“

Създателите на пирамидата, пенсионерките Лаура Фокс и Каръл Чалмърс, били стари приятелки още от времето, когато заедно посещавали католическото училище. Двете били истински стълбове на своята общност – едната вицепрезидент на местния „Ротари клуб“, другата – уважавана баба. Те били съвсем наясно какво правят, когато поставили началото на измамната схема.

„Дай и вземи“ била хитро замислена така, че да примамва потенциалните инвеститори, скривайки от очите им дебнещите опасности. За разлика от традиционната двустепенна структура на финансовите пирамиди, при които човекът на върха на веригата получава пари директно от привлечените от него инвеститори, „Дай и вземи“ използвала четиристепенна „самолетна“ схема. При този тип пирамиди човекът на върха на пирамидата се нарича „пилот“. Той привлича двама „помощник-пилоти“, всеки от които привлича двама „членове на екипажа“, които пък привличат „пътници“. При схемата на Фокс и Чалмърс, след като завърши набирането на 15 души, осемте пътници изплащат 3000 лири на организаторите, които предават огромната печалба от 23 000 лири на първоначалния инвеститор и заделят 1000 лири. Част от тях се дарявала за благотворителност, като благодарствените писма от „Националната организация за предотвратяване на жестокостта към децата“ и сродни сдружения придавали благонадеждност на схемата. Друга част от парите била използвана от организаторите за гарантиране на гладкото функциониране на схемата.

След като получи печалбата си, пилотът излиза от схемата и двамата помощник-пилоти биват повишени в пилоти, очаквайки набирането на 8 пътници в дъното на веригата. Самолетните схеми са изключително съблазнителни за инвеститорите, тъй като новите участници трябва да наберат само двама други участници, за да умножат инвестицията си по 8 (макар че, разбира се, всеки от тях също трябва да набере по двама и така нататък). Другите, по-прости схеми изискват много по-големи усилия за набиране на участници при същата възвръщаемост. Стръмната четиристепенна структура на „Дай и вземи“ прави така, че членовете на екипажа никога не вземат пари направо от привлечените от тях пътници. Тъй като новите участници е вероятно да са приятели или роднини на членовете на екипажа, това гарантира, че парите никога не се прехвърлят пряко между близки познати. Отстоянието между пътници и пилоти, чиито печалби те носят, прави набирането на участници по-лесно, а опитите за отмъщение по-редки. Поради това инвестицията става по-привлекателна и това улеснява набирането на хиляди инвеститори в пирамидата.

Много инвеститори в „Дай и вземи“ са привлечени от разказите за изплатени дивиденди и дори понякога сами стават свидетели на това. Организаторите на схемата правят пищни частни парти в хотел „Съмърсет“, който е собственост на Чалмърс. Там те раздават листовки със снимки на участници в схемата, налягали по покрити с пари легла или размахващи пачки от банкноти от 50 лири към камерата. На всяко от партитата организаторите канели някоя от „булките“ – онези хора (предимно жени), които били достигнали до позицията на пилот в тяхната клетка от пирамидата и предстояло да получат своите дивиденди. На булките задавали поредица от четири прости въпроса от рода на „Коя част от тялото на Пинокио расте, щом той лъже?“ пред аудитория от между 200 и 300 потенциални инвеститори.

Викторината трябвало да се възползва от една дупка в закона, която според Фокс и Чалмърс допускала подобни схеми, при условие че печалбата се получава чрез някакъв тип „умение“. В записан с мобилен телефон клип от подобно събитие се чува как Фокс вика към публиката: „Ние залагаме в собствените си домове и това прави всичко законно“. Само че тя греша. Адвокат Майлс Бенет, който завежда дело срещу тях, обяснява защо: „Викторината е толкова лесна, че никога не е имало участник, който да не си получи парите. Те дори можели да се допитат до приятел или член на журито, а членовете на журито знаели отговорите!“

Това не попречило на Фокс и Чалмърс да използват тези парти за раздаване на награди като инструмент в своята елементарна маркетингова кампания. Щом видели как „булките“ получават своите чекове за 23 000 лири, много от гостите инвестирали и насърчавали свои приятели и роднини да сторят същото, съдействайки за растежа на пирамидата. При условие че всеки новопривлечен инвеститор предавал щафетата на двама или повече други, схемата щяла да продължи да работи. Когато поставили началото през пролетта на 2008 г., Фокс и Чалмърс били единствените пилоти. Набирайки приятели, които да инвестират и да съдействат за организирането на схемата, двете бързо качили още четирима души на борда. Четиримата привлекли още 8, после 16 и т.н. Удвояването на броя на новопривлечените в схемата напомня за удвояването на броя на клетките в растящия ембрион.

Експоненциалният ембрион

Когато съпругата ми беше бременна с първото ни дете, също като мнозина други, които ще стават родители за пръв път, ние бяхме обсебени от случващото се в утробата ѝ. Купихме си ултразвуков сърдечен монитор, за да можем да слушаме пулса на нашето бебе, записахме се за клинични изпитвания, за да получим допълнителни прегледи, и четяхме непрекъснато за това какво се случва, докато дъщеря ни растеше, а жена ми повръщаше ден след ден. Сред любимите ни сайтове бяха онези, които са посветени на въпроси от рода на: „Колко голямо е вашето бебе?“ Там сравнявах размера на бебето за всяка гестационна седмица с този на плод, зеленчук или друга храна. Това придава вещественост на неродения плод чрез епиграми от рода на: „С тегло около 40 грама и размер почти 9 сантиметра, вашето малко ангелче има приблизително размерите на лимон“ или „Вашата скъпоценна малка репичка вече тежи 140 грама и е дълга 13 сантиметра от глава до пети.“

Онова, което ме поразя при четенето на подобни сайтове, е колко бързо се менят размерите само за седмица. В четвъртата седмица бебето има размер на маково семе, но на петата се е раздуло до размерите на сусамово семе! Това е почти 16-кратно увеличение само за седмица.

Вероятно този бърз растеж не би трябвало да ни учудва. Когато яйцеклетката бъде оплодена от сперматозоида, се формира зигота, която преминава през последователни етапи на клетъчно деление, които позволяват на броя на клетките на развиващия се ембрион да расте бързо. Тя първо се разделя на две. Осем часа по-късно тези две клетки се разделят на четири, след още 8 часа четирите стават осем, които скоро стават 16, и т.н. – точно като броя на инвеститорите във финансовата пирамида. Последващите деления протичат почти едновременно на всеки осем часа. По този начин броят на клетките расте пропорционално на настоящия им брой в ембриона: колкото повече има, толкова повече се създават в резултат от делението. В този случай, тъй като всяка клетка създава точно една дъщерна клетка, броят на клетките в ембриона се удвоява.

За щастие, в човешкото ембрионално развитие периодът на експоненциален растеж е относително кратък. Ако той продължи да се развива по същия начин през цялата бременност, ще протекат 840 синхронни деления и в резултат ще се роди супербебе с приблизително 10^{253} клетки. За да си представите какво означава това, ако всеки атом във Вселената съдържаше в себе си нейно копие, то общият брой на атомите във всички тези вселени щеше да бъде приблизително равен на броя на клетките на въпросното супербебе. Клетъчното делене се забавя по естествен начин и в синхрон протичат други комплексни събития от живота на бебето. В действителност броят на клетките в едно типично новородено бебе възлиза приблизително на едва 2 трилиона. Той може да бъде постигнат след по-малко от 41 синхронни цикъла на делене.

Унищожителят на световите

Експоненциалният растеж има решаващо значение за бързото умножаване на клетките, което е необходимо за създаването на нов живот. От друга страна, точно неговата удивителна и ужасяваща сила накара ядрения физик Робърт Опенхаймер да обяви: „Сега аз станах Смърт, унищожителят на светове.“ В случая не става дума за растеж на клетки или дори на отделни организми, а за енергията, създадена при разцепването на атомните ядра.

По време на Втората световна война Опенхаймер ръководи лабораторията в Лос Аламос, където се разработва проектът „Манхатън“, целящ създаването на атомна бомба. Разцепването на ядрото (изградено от здраво свързани протони и неутрони) на тежки атоми, съставени от по-малки градивни частици, е процес, открит от германски химици през 1938 г. Наречен е „ядрено делене“ по аналогия с деленето на живите клетки надве, което има толкова съществени последици за развиващия се ембрион. Установено е, че деленето може да протича по естествен път, във вид на радиоактивен разпад на нестабилни изотопи, или да бъде изкуствено предизвикано чрез бомбардиране на ядрото на един атом със субатомни частици при така наречените „ядрени реакции“. И в двата случая разцепването на ядрото на две по-малки

ядра, които се наричат продукти на деленето, е съпътствано от отделянето на голямо количество енергия във вид на електромагнитна радиация, както и на енергия, свързана с движението на продуктите на деленето. Бързо се стига до извода, че тези подвижни продукти, създадени при първоначалната ядрена реакция, могат да се използват за въздействие върху съседни ядра, водейки до разцепването на още атоми и освобождаването на още енергия: това е така наречената верижна реакция. Ако всяко разцепено ядро поражда средно повече от един продукт, който може да се използва за разцепване на други атоми, то, поне на теория, всяко разцепване може да предизвика други. С напредването на този процес броят на разцепените атоми ще нарасне експоненциално, пораждайки енергия в невъобразими мащаби. Ако бъде открит материал, който позволява протичането на такава верижна реакция, то експоненциалното увеличаване на отделената енергия в кратък времеви интервал би позволило този материал да се използва за военни цели.

През месец април 1939 г., в навечерието на избухването на войната в Европа, френският физик Фредерик Жолио-Кюри (който е зет на Мария и Пиер Кюри и също като тях е носител на Нобелова награда заедно със съпругата си) прави ключово откритие. Той публикува в списание „Нейчър“ данни, които показват, че при разцепване, предизвикано от един отделен неутрон, атомите на урановия изотоп уран-235 отделят средно 3,5 (покъсно оценката е сведена до 2,5) високоенергийни неутрона.⁶ Точно това е материалът, който е нужен за предизвикване на верижна ядрена реакция. Този момент бележи началото на „атомната надпревара“.

Тъй като друг носител на Нобелова награда – Вернер Хайзенберг, заедно с цял куп бележити германски физици работят успоредно за създаване на атомна бомба за нацистите, Опенхаймер е наясно, че е в позицията на догонващ. Основното предизвикателство е да създаде условия, при които да протече експоненциално разрастваща се верижна реакция, позволяваща почти мигновеното освобождаване на огромни количества енергия, и така да създаде атомна бомба. За да създаде такава самоподдържаща се и достатъчно бърза верижна реакция, той трябва да гаранти-

ра, че достатъчен брой от неутроните, излъчени от разцепените атоми на уран-235, ще бъдат погълнати от ядрата на други атоми на уран-235, водейки до техния разпад. Той установява, че в срещания се в природата уран прекалено голяма част от излъчените неутрони се поглъщат от атоми на уран-238 (другия разпространен изотоп, който съставлява 99,3% от срещания се в природата уран)⁷ и поради това верижната реакция отслабва експоненциално, вместо да се усилва. За да постигне търсения резултат, Опенхаймер имал нуждата от изключително чист уран-235, получен чрез премахване на колкото може повече уран-238 от използваната уранова руда.

Този тип разсъждения водят до идеята за така наречената *критична маса*. Критичната маса на урана е количеството материал, което е нужно за създаване на самоподдържаща се ядрена верижна реакция. Тя зависи от редица фактори. Вероятно най-същественят от тях е чистотата на уран-235. Дори при 20% уран-235 (което е много повече от онези 0,7%, които се срещат в урановата руда) критичната маса е над 400 килограма, което прави чистотата решаващо условие за създаването на бомба. Дори след като разполагал с достатъчно чист уран, за да надхвърли критичната маса, Опенхаймер имал проблем със самата бомба. Очевидно не можел просто да сложи на едно място уран над критичната маса и да стиска палци то да не гръмне. Дори самопроизволният разпад на един атом от материала би довел до верижна реакция и експлозия.

Неспирно преследвани от призрака на нацистката конкуренция, Опенхаймер и членовете на неговия екип измислили набързо как да конструират бомбата. Техният метод изисквал една субкритична порция от уран да бъде изстреляна към друга чрез конвенционален експлозив, което да доведе до надхвърляне на критичната маса. Тогава верижната реакция ще бъде провокирана от спонтанен разпад, освобождаващ нужните за това неутрони. Разделянето на материала на две части гарантира, че бомбата няма да експлодира преждевременно. Постигнатото високо ниво на обогатяване (около 80%) прави така, че за постигане на критична маса били нужни едва между 20 и 25 килограма. Опенхаймер обаче не можел да рискува да отстъпи предимството на

своите германски съперници, затова настоял за използването на много по-големи количества.

Случило се така, че до момента, в който бил получен достатъчно пречистен уран, войната в Европа вече била приключила. От друга страна, тя продължавала да бушува в Тихия океан, тъй като Япония не давала знаци, че е готова да се предаде, въпреки очевидно неизгодната за нея военна ситуация. Разбирайки, че нахлуването по суша на японските острови би увеличило съществено и без това тежките загуби в жива сила на американците, генерал Лесли Гроувс, директор на проекта „Манхатън“, издал директива, разрешаваща използването на атомна бомба в Япония при наличие на благоприятни атмосферни условия.

След няколко дни лошо време, предизвикано от преминаването на тайфун в региона, на 6 август 1945 г. слънцето огряло синьото небе над Хиросима. В 7 часа и 9 минути сутринта бил забелязан американски самолет и сирените за тревога прозвучали над целия град. Седемнайсетгодишната Акико Такакура наскоро била постъпила на работа като банков чиновник. На път за работа тя чула сирените и заедно с други пътуващи потърсила укритие в едно от противовъздушните убежища, разположени из целия град.

Въздушните тревоги били нещо обичайно за жителите на Хиросима – в града се помещавала важна военна база, включваща щабквартирата на японската Втора армия. До момента обаче над града не били хвърляни запалителни бомби, каквито се сипели над много други японски градове. Акико и останалите хора в убежището не подозирали, че това е умишлено, тъй като американците искали да оценят размера на унищоженията, предизвикани от новото им оръжие.

В 7:30 ч. бил обявен край на тревогата. Самотният В-29, който се носел над града, не изглеждал особено заплашителен. Когато Акико излязла от убежището, придружена от мнозина други, тя изпитала облекчение – изглежда, че тази сутрин нямало да има въздушно нападение.

Акико и останалите жители на Хиросима не знаели, поемайки на път за работа, че въпросният В-29 е предал по радиото съобщение, че небето е чисто, до „Енола Гей“ – самолета, носещ

прототип на атомна бомба, наречена „Малчугана“. Докато децата пристигали в училище, а служителите се заемали с ежедневните си задължения в канцелариите и фабриките, Акико влязла в банката в централната част на Хиросима. Жените чиновнички се предполагало да пристигат на работа 30 минути преди мъжете, за да почистят преди началото на работния ден. Ето защо в 8:10 Акико вече била в почти празната сграда и се заела за работа.

В 8:14 Т-образният мост Аиои изникнал във възвора на полковник Пол Тибетс, който пилотирал „Енола Гей“. 4400-килограмовият „Малчуган“ бил освободен и започнал 10-километровото си спускане към Хиросима. След свободно падане от около 45 секунди бомбата се активирала на височина от около 600 метра над града. Едната субкритична маса уран била изстреляна към другата и бомбата била готова да избухне. Почти незабавно спонтанният разпад на един атом освободил неутрони, поне един от които бил погълнат от друг атом уран-235. Той на свой ред се разпаднал и освободил още неутрони, които на свой ред били погълнати от други атоми. Процесът бързо се ускорил, водейки до експоненциална верижна реакция и мигновено освобождаване на огромни количества енергия.

Докато бършела бюрата на колегите си, Акико погледнала през прозореца и видяла ярка бяла светлина като от възпламенен магнезий. Тя нямало как да знае, че верижната реакция е освободила енергия, еквивалентна на едновременното взривяване на 30 милиона пръчки динамит. Температурата в бомбата се покачила до няколко милиона градуса и тя станала по-гореща от повърхността на Слънцето. Една десета от секундата по-късно йонизиращата радиация достигнала до земята, предизвиквайки ужасяващи поражения на всички живи същества, които били изложени на нея. След още една секунда огнено кълбо с диаметър 300 метра и температура хиляди градуси по Целзий се раздипило над града. Очевидците твърдят, че сякаш на този ден над Хиросима слънцето изгряло за втори път. Ударната вълна, движеща се със скоростта на звука, сравнила със земята голяма част от града. Застигната от нея, Акико прелетяла през стаята и се приземила в безсъзнание в другия ѝ край. Инфрачервеното лъчение обгорило изложените на него на много километри във всяка посока. Хората в близост

с епицентъра на експлозията мигновено се изпарили или били овъглени.

Акико била предпазена от по-тежки последици от подсилени-те стени на банката. Когато се върнала в съзнание, тя изпъзляла на улицата. Тогава видяла, че ясното синьо небе го няма. Второто слънце, изгряло над Хиросима, залязло почти веднага. Улиците били тъмни, навсякъде се носели прах и дим. Докъдето погледът стигал, улиците били покрити с тела. Едва на 260 метра от епицентъра на експлозията, Акико била една от малцината оцелели.

Самата бомба и предизвиканите от нея пожари, разбушували се из целия град, са лишили от живот около 70 000 души, 50 000 от които – цивилни. Почти всички сгради в града били напълно унищожени. Пророческите думи на Опенхаймер се оказали верни. Оправдаването на бомбардировките над Хиросима, и три дни по-късно над Нагасаки, с опита да се сложи край на Втората световна война до ден днешен е предмет на спорове.

Атомната карта

Каквито и да са ползите и вредите от самата атомна бомба, задълбочаването на разбирането ни за експоненциалните верижни реакции, свързани с ядрения разпад, което отчасти се дължи на проекта „Манхатън“, ни е осигурило технология за производството на чиста, сигурна и свободна от вредни емисии енергия. Един килограм уран-235 може да освободи приблизително три милиона пъти повече енергия от получената при изгарянето на същото количество въглища.⁸ Въпреки многобройните аргументи в нейна полза, атомната енергия има лоша репутация заради съображения, свързани с безопасността и околната среда. Отчасти за това е виновен самият експоненциален растеж.

Вечерта на 25 април 1986 г. Александър Акимов постъпва на дежурство в електроцентралата, където е началник-смяна. В идните няколко часа предстои да се проведе експеримент за проверка на системата за охлаждане. Когато започва експериментът, той има основания да мисли, че е човек с късмет – във време, когато Съветският съюз бил на път да рухне и 20% от гражданите му жи-

веели в бедност, той имал добре платена работа в Чернобилската ядрена електроцентраля.

Около 11 часа вечерта, следвайки предварително определения план, Акимов дистанционно въвежда известен брой контролни пръти между ураниевите горивни пръти в ядрото на реактора, за да намали произведената енергия до около 20% от нормалната оперативна мощност. Контролните пръти поглъщат част от неутроните, освободени при ядреното делене, така че броят на разцепените атоми намалява. Това ограничава бързото развитие на верижната реакция, която при атомната бомба е оставена без контрол. За нещастие, Акимов вкарва прекалено много контролни пръти и в резултат мощността пада много под предвиденото. Той знае, че това ще доведе до „отравяне“ на реактора – създаване на материал, който, подобно на контролните пръти, допълнително забавя процесите в реактора и намалява температурата, което на свой ред води до допълнително „отравяне“ и още по-голямо охлаждане – цикъл с положителна обратна връзка. Той изпада в паника, деактивира системите за сигурност, поставя над 90% от контролните пръти под ръчен контрол и ги изважда от ядрото, за да предотврати нежеланото изключване на реактора.

Докато наблюдава как показанията на циферблатите се покачват, а мощността бавно нараства, учестеният му пулс постепенно се нормализира. Бил предотвратил кризата и преминал към следващия етап от теста, като изключил помпите. Акимов обаче не знаел, че резервните системи не охлаждат реактора толкова бързо, колкото би трябвало. Макар първоначално това да не личало, бавно постъпващата вода се превръщала в пара, което пречело както на абсорбирането на неутрони, така и на охлаждането на ядрото. Увеличените температура и мощност водели до изпаряването на още вода, което допълнително покачвало мощността. Това бил втори, още по-смъртоносен цикъл с положителна обратна връзка. Малкото останали контролни пръти, които Акимов не бил поставил под ръчен контрол, автоматично били вкарани в ядрото с цел ограничаване на загряването, но те били недостатъчни. Щом осъзнал, че мощността се покачва прекалено бързо, Акимов активирал системата за аварийно изключване, която трябвало да вкара всички контрол-

ни пръти и да деактивира ядрото, но било твърде късно. Щом прътите навлезли в реактора, това причинило краткотрайно, но съществено увеличаване на мощността, ядрото прегряло, част от горивните пръти се счупили и това попречило на навлизането на контролните пръти. Топлинната енергия се увеличила експоненциално, достигайки 10 пъти стандартното експлоатационно ниво. Охлаждащата вода се превърнала в пара, което довело до две силни експлозии. Ядрото било разрушено и от него се пръснал на всички страни радиоактивен материал.

Отказвайки да повярва в съобщенията за експлозията на ядрото, Акимов предал невярна информация за състоянието на реактора, което забавило опита за ограничаване на щетите. След като най-накрая разбрал за мащабите на разрушенията, той се хвърлил без защитно облекло с членовете на своя екип да изпомпва вода в разрушения реактор. Докато работели, той и колегите му получили облъчване от около 200 греј на час. Смъртоносната доза се определя на около 10 греј, което означава, че те са били изложени на смъртоносна доза радиация в рамките на по-малко от пет минути. Акимов починал две седмици след инцидента от остра лъчева болест.

Според официалните данни на съветските власти броят на починалите в резултат от аварията бил едва 31 души, но според някои оценки, включващи участниците в мащабната операция за деконтаминация, броят им е много по-голям. Той не включва смъртните случаи, причинени от разпръскването на радиоактивен материал извън непосредствената околност на централата. Огънят, разпаден в разбитото ядро на реактора, горял в продължение на 9 дни. Той изпомпал в атмосферата стотици пъти повече радиоактивен материал от освободения при бомбардирането на Хиросима и това имало отрицателни последици за околната среда в почти цяла Европа.⁹

През уикенда на 2 май 1986 г. например нетипично силен валеж залял планинските части на Великобритания. В капките дъжд имало радиоактивни частици от експлозията – стронций-90, цезий-137 и йод-131. Общо около 1% от радиоактивния материал, освободен от реактора в Чернобил, бил пренесен във Великобритания. Радиоактивните изотопи попаднали в почвата, оттам