

Математички факултет Универзитет у  
Београду

Историја и филозофија математике

Џон фон Нојман

Милена Дуканац 66/2013

Мај, 2017



## Садржај

<b>1</b>	<b>Увод</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Биографија</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Радови</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Фон Нојманов модел-машина</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Фон Нојманов допринос економији</b>	<b>6</b>

## 1 Увод



Слика 1: Џон фон Нојман

**Џон фон Нојман** (мађ. Margittai Neumann Janos Lajos; Будимпешта, 28. децембар 1903 — Вашингтон, 8. фебруар 1957) је био мађарски математичар који је дао допринос квантној математици, функционалној анализи, теорији скупова, топологији, информатици, економији, нумеричкој анализи, хидродинамици, статистици и многим другим математичким пољима као један од историјски истакнутих математичара. Године 1945. објавио је нацрт извештаја у коме је изложио идеју за конструкцију рачунара који би могао да прочита и чува програм састављен од низа конкретних операција и да га изврши на кориснички захтев. Тај рачунар је назвао **EDVAC** (**E**lectronic **D**iscrete **V**ariable **A**utomatic **C**omputer). Иако његова замисао никад није прошла фазу нацрта, архитектура рачунара коју је он предложио добила је по њему назив „**Фон Нојманова архитектура**“.

Као математичар Нојман је конципирао и **ћелијски аутомат у дводимензионалној равни**, где стање ћелија у тренутку  $t+1$  зависи само од стања комшијских ћелија у тренутку  $t$ .

Фон Нојман је и творац идеје о аутоматима који праве аутомате (**Neumann's Self Reproducing аутомата**) која је основ интелигентних агената у теорији вештачке интелигенције.

У свет економије ушао је 1928. године формулисањем **минимакс теореме**. Створио је и теорију игара.

**Фон Нојманова архитектура** - Фон Нојманова машина имала је 5 делова: меморију, аритметичко-логичку јединицу (ALU-Arithmetic Logic Unit), управљачку јединицу (управља програмом), улазну и излазну јединицу. У оквиру ALU постојао је акумулатор, па типична инструкција сабира меморију са садржајем акумулатора или садржај акумулатора уписује у меморију.

### Основни концепти фон Нојманове архитектуре

- У истој меморији чувају се инструкције и подаци.
- Сви подаци су представљени у бинарном облику.
- Инструкције следе једна за другом у меморији рачунара.
- Низом инструкција (програмом) описују се акције које треба да изврши рачунар.
- Рачунар размењује податке између меморије и аритметичке јединице преко акумулатора.
- Инструкције се извршавају једна за другом, док се редослед експлицитно не промени наредбом за скок.

## 2 Биографија

Још као дете је показивао изванредну интелигенцију. Сматрају га једним од најбрилијантних људи двадесетог века, па је тако познати економиста Николас Калдор за Нојмана рекао: "Он је био биће најближе генију које сам икада срео". Био је најстарији од три брата, син адвоката Макса Нојмана, који је радио у банци, и Маргарет Кан. Одрастао је у јеврејској породици. Са шест година је напамет делио осмоцифрене бројеве и могао је да разговара са својим оцем на старогрчком језику. Рано је показивао и интересовање за математику, својства бројева и законе света који га окружује. Као осмогодишњак савладао је рачунање, а са дванаест година био је на нивоу постдипломаца математике.

Његово интересовање није био само за математику, а извештаји о њему говоре да је са осам година прочитао све 44 књиге светске историје. Могао је да памти странице текста на први поглед, дар који ће касније изненадити нобеловске лауреате. Волео је да измишља механичке играчке, а био је експерт за Амерички грађански рат, суђење Јованки Орланки и историју Византије. 1911. године уписао је Лутерову гимназију у Будимпешти. 1913. године његов отац је купио титулу и породица Нојман је стекла мађарску ознаку за племство *Margittai*, или што одговара аустријској титули *von* (на српском фон). Тако је Нојман Јанош постао Јанош фон Нојман, име које је касније променио у немачко Јохан фон Нојман. Предавао је на Берлинском универзитету као најмлађи доцент у историји од 1926. до 1930, када су он, његова мајка и његова браћа емигрирали у Америку. Чудно је то да је он поенглезио Јохан у Џон, а да је задржао аустријско аристократско презиме *von Neumann*, док су његова браћа усвојила презимена *Vonneumann* и *Neumann*.

Уживао је у екстравагантним забавама и брзој, опасној вожњи аутомобила. Једном је објаснио једну од својих многих саобраћајних несрећа на овај начин: "Возио сам се путем. Дрвеће са десне стране пролазило ме је у савршеном реду брзом од 60 миља на час. Изненада, једно од њих ми је стало на пут". Волео је да једе, да пије (рекао је да зна да броји све осим калорија), да прича прљаве приче и вицеове (нпр. "*Телесно насиље је незадовољство учињено са намером пружања задовољства*") и да зури у ноге младих жена (толико да су секретарице у Лос Аламосу често покривале отворене стране својих столова картонима).

Са 23 године дипломирао је математику на Универзитету у Будимпешти. Истовремено је стекао диплому из хемијске технологије по налогу свог оца који је желео да његов син уложи време и труд у нешто што се материјално више исплати од математике. Између 1926. и 1930. био је приватни предавач у Берлину. Са 25 година објавио је 10 радова, а са 30 близу 36. Фон Нојман је био позван у Принстон у Њу Џерзи 1930. и био је један од четворице људи одабраних за први наставни кадар на институту "*Institute For Advanced Study*", где је био професор математике од оснивања института до своје смрти. (Од 1936. до 1938. Алан Тјуринг је био у посети овом институту, где је завршио своју докторску дисертацију под надзором Алонса Черча). Године 1937. постао је натурализован и држављанин Америке, а 1938. године додељена му је награда за његов рад из анализа.

Фон Нојман се два пута женио. 1930. оженио је Мариет Ковеси. Пристао је и да се пока-толичи да би удовољио њеној породици. 1937. су се развели. Онда се 1938. године оженио Кларом Дан. Имао је једно дете, ћерку Марину, из првог брака. Она је била истакнути професор међународне трговине на Универзитету у Минхену.

1957. године дијагнозиран му је рак костију, кога је вероватно изазвала изложеност радијацији током тестирања атомске бомбе или у каснијем раду на нуклеарном оружју на Лос Аламосу. Фон Нојман је умро неколико месеци после успостављања дијагнозе трпећи јаке болове. Рак се проширио и на његов мозак и онемогућио му способност мишљења. Док је лежао умирући у вашингтонској болници, шокирао је своје пријатеље и познанике тражећи да говори са римокатоличким свештеником. Умро је под обезбеђењем војске да не би ненамерно открио војне тајне, док је под јаким лековима. Џон фон Нојман је сахрањен на принстонском гробљу у Принстону.

### 3 Радови

Написао је 150 објављених радова - 60 из чисте математике, 20 из физике и 60 из примењене математике. Развио је теорију о структури људског мозга пре него што је умро. Његово интересовање било је веома широко. Бавио се: математичком логиком, математиком, квантном физиком, рачунарством, кибернетиком, нуклеарним бомбама, механиком флуида, теоријом игара, економским растом, еволуционом биологијом, теоријом рата и конфликта, ћелијским аутоматима, теоријом саморепродукције и вештачком еволуцијом. У периоду Другог светског рата бавио се искључиво математиком и применом математике на квантну физику. У области математике дао је битне доприносе нумеричкој анализи, теорији скупова, функционалној анализи и статистици. Радио је и на Менхетн пројекту. Тим поводом решавао је и проблеме конструкције и рада рачунских машина, чиме је поставио темељ савремене рачунарске архитектуре и симулација. Створио је и теорију игара. После рата радио је и на америчким војним пројектима и управљао војним комитетима.

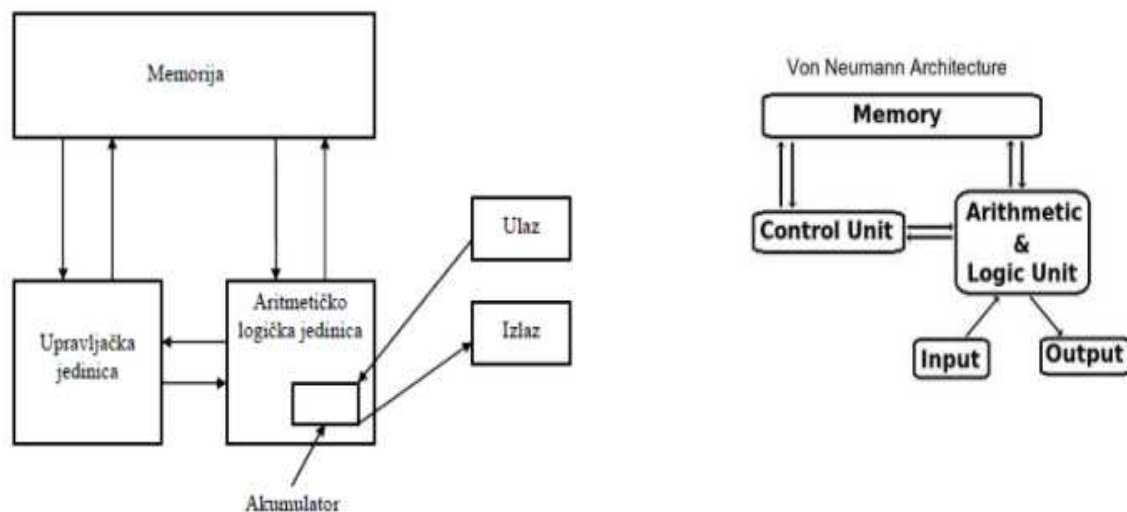
### 4 Фон Нојманов модел-машина

Структура савременог рачунара веома је слична структури фон Нојманове машине (пројектоване касних 1940-их година), па се за савремене електронске рачунаре каже да у основи имају фон Нојманову архитектуру. Елементарни физички објекти фон Нојманове машине (па и савремених електронских рачунара) су **прекидач** – електронска цев и **транзистор** који може да буде у 2 дискретна стања:

- протиче струја (има напона)
- не протиче струја (нема напона)

што се "региструје" бинарном цифром 0 или 1, а овакав елемент назива се **ћелија**. У ћелији се може приказати једна бинарна цифра тј. један бит информације (енгл. binary digit - бинарна цифра). Ћелије се у фон Нојмановој машини организују у низове фиксне дужине који се називају **регистри**.

Фон Нојманова машина се састоји од **процесора** (Central Processing Unit – CPU) и **меморије**.



Слика 2: Архитектура фон Нојманове машине

Изворно, концепт машине је следећи:

-CPU се састојао од **управљачке јединице**, **аритметичке јединице** и **улазно-излазне јединице**.

-Аритметичка јединица је садржавала и два специјална регистра - **акумулатор** и **регистар података R**.

-**Меморија** је садржавала **инструкције (програм)** и **податке**, што је било ново у односу на ранији концепт, где су се програм и подаци третирали одвојено. Меморија се састојала од 1024 регистра од којих је сваки имао своју адресу (место, локацију) – број од 1 до 1024, а сваки регистар је имао по 40 бита. Садржај сваког регистра могао је да се интерпретира као један цео број у бинарном облику или као две (20-битне) инструкције. Свака реч је садржала или две 20-битне инструкције или два 39-битна означена цела броја. Осам битова инструкције је дефинисало операцију, а осталих 12 је специфицирало реч у меморији.

-Унутар аритметичко-логичке јединице, претече савремене CPU, био је специјални интерни 40-битни регистар назван **акумулатор**. Типична инструкција, на пример, сабира меморијску реч са садржајем акумулатора или уписује садржај акумулатора у меморију.

-Машина није имала аритметику у покретном зарезу, јер је фон Нојман сматрао да ће сваки компетентни математичар моћи сам да одреди позицију децималне тачке.

-**Програм** се састојао од низа бинарних инструкција (инструкција записаних бинарном азбуком), тј. био је на машинском језику.

-Операнди фон Нојмановог рачунара имали су дужину 40 бита.

### Зашто?

Фон Нојманова пажња била је усмерена на употребу рачунара за решавање математичких проблема. Анализа тадашњих захтева (1946. године) показала је да је потребан капацитет од 4096 речи дужине 40 бита. Дужина речи од 40 бита омогућава прецизност рачунања на дванаест децимала ( $2^{40}$  - приближно  $0,9 * 10^{12}$ ).

Следи и неколико извода из оригиналног Нојмановог рада који могу да послуже за процену актуелности његовог рада и апликативне применљивости (не само код конвенционалних рачунара, већ и код неуронских мрежа).

*...пошто је такав уређај првенствено рачунар, он би требало доста често да изводи основне аритметичке операције. Те операције су сабирање, одузимање, множење и дељење. Стога је разумљиво да треба да садржи специјализоване органе који обављају те операције...*

То значи да је неопходно да постоји **централни аритметички орган рачунара**. Логичку контролу уређаја, тј редослед могућих операција много ефикасније може да изврши **централни орган за управљање**. Како уређај треба да буде прилагодљив, тј. да буде за опште намене, мора да постоји разлика између **специфичних инструкција** које дефинишу проблем и служе за његово решавање и **општих**, за управљачке органе који надгледају како се изводе те специфичне инструкције. Под **централним управљањем** (central control - CC) подразумева се друга од претходних функција, а органи који је спроводе формирају **други специфичан део рачунара**.

*Било који уређај који изводи дугачак и компликован низ операција (посебно) израчунавања мора да има одговарајућу меморију...*

**Инструкција** којом се решава одређена операција може да садржи и одговарајуће податке. Ови подаци морају да се памте. У сваком случају укупна меморија (*memory*) **М** чини **трећи** део рачунара.

*Уређај мора да подржава улаз и излаз података преко контакта са неким специфичним медијумом тог типа. Тај медијум се назива медијум за спољашње снимање (recording) уређаја R ...*

Уређај мора да има органе за преношење података од R ка специфичним деловима C и M. Ти органи формирају **четврти** део рачунара, назван **улаз** (I). Показаће се да је најбоље вршити трансфере из R преко I у M, а не директно у C.

*Уређај мора да има органе за преношење ... из специфичних делова C и M у R.*

Ти органи формирају **пети** специфични део рачунара, **излаз** (O). Видеће се да је најбоље вршити све трансфере из M преко O у R, а никада директно из C.

## 5 Фон Нојманов допринос економији

У свет економије ушао је 1928. године формулисањем **минимакс теореме**. Доприноси које је пружио економији могу се поделити у два дела.

Први део се односи на **мултисекторски модел раста**. Његова размишљања су изведена из читања Викселових дела и интересовања за **теорију опште равнотеже**. Овим ће се инспирисати многи економисти – *Solow, Srafa, Kaldor, Harrod, Hicks, Leontief* и остали. Први је приметио да би општу равнотежу требало исказати преко неједначина, уместо једначина. На основу резултата унапређења његове теорије, *Kennet Arrow, Gerard Debreu i John Nash* су добили Нобелове награде за економију.

Други део се односи на **теорију игара**. Као млад, Фон Нојман је био фасциниран **Брауеровом теоремом фиксне тачке**. Према тој теорему, кад промешамо кафу, бесконачно мала количина течности остаће на првобитном положају. Фон Нојман ће применити то сазнање у економији – развиће своју чувену теорију игара. Фиксна тачка је стуб равнотеже. Она представља стабилизацију игре са циљем остваривања највеће добити за играче и смањења ризика на минимум.

Теорију игара од 1944. године Фон Нојман проширује на сва подручја људских активности. Теорију је могуће применити на финансијском тржишту, али и у партији стоног тениса или у сарадњи двојице затвореника које полиција одвојено испитује. Теорија игара предвиђа понашање и стратегије. Циљ теорије је конструисање математичког модела који ће два појединца (или више њих) моћи да примене у будућој интеракцији.

1944. године је са аустријским економистом **Оскар Моргенштерном** издао књигу **”Теорија игара и економско понашање”**, која је започела револуцију интердисциплинарних истраживања на подручју теорије игара. Поред тога, уведени су неки веома важни резултати и у остале сфере економије, попут **аксиоматизације теорије корисности**. Још један важан допринос је **аксиоматизација теорије избора у условима неизвесности и формализација хипотезе о очекиваној корисности лутрије** (на чему се заснива савремена теорија осигурања). Сматрао је да целокупна дотадашња математичка економија, иако тек сасвим на почетку, припада економској праисторији. **Теорија игара је имала улогу у конфликту Америке и Русије**. Јапан капитулира другог септембра 1945. Почине Хладни рат између Запада и Совјетског Савеза. Теорија игара Цона фон Нојмана предвиђа вероватноћу сарадње између два блока и нуди стратегије. Роберт Ауман, математичар и професор на Универзитету у Јерусалиму, добио је 2005. године Нобелову награду за економију. Он примењује теорију игара на анализу сукоба, укључујући Хладни рат.



## Литература

- [1] [http://razno.sveznadar.info/3\\_RS\\_digit/10CPUmP/05-Neuman.htm](http://razno.sveznadar.info/3_RS_digit/10CPUmP/05-Neuman.htm)
- [2] [https://sh.wikipedia.org/wiki/John\\_von\\_Neumann](https://sh.wikipedia.org/wiki/John_von_Neumann)
- [3] [http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Von\\_Neumann.html](http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Biographies/Von_Neumann.html)
- [4] <http://www.rts.rs/page/magazine/sr/story/2523/nauka/2396305/dzon-fon-nojman-matematicar-i-prorok.html>