

# Magični kvadrati

15	15	15	15
8	1	6	15
3	5	7	15
4	9	2	15
			15

Prirejeno iz virov:

- <http://mathworld.wolfram.com/MagicSquare.html>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Magic\\_square](http://en.wikipedia.org/wiki/Magic_square)

## Kazalo

Tabela 1: Magični kvadrat reda 3

8	1	6
3	5	7
4	9	2

## 1 Uvod

**Definicija 1.** *Magični kvadrat* reda  $n$  je nabor  $n^2$  različnih števil, ki so razvrščena v kvadratno tabelo tako, da vedno dobimo enako vsoto, če seštejemo vsa števila poljubne vrstice, vsa števila poljubnega stolpca ali vsa števila v katerikoli od glavnih diagonal.

Primer magičnega kvadrata reda 3 je prikazan v tabeli ??.

**Definicija 2.** Magični kvadrat reda  $n$  je *normalen*, če v njem nastopajo števila

$$1, 2, 3, \dots, n^2 - 1, n^2. \quad (1)$$

Magični kvadrat v tabeli ?? je normalen. To je tudi najmanjši netrivialen normalen magični kvadrat. Poleg normalnih magičnih kvadratov so zanimivi tudi magični kvadrati praštevil.

## 2 Zgodovina

### 2.1 Kvadrat »Lo Shu«

Kitajska literatura iz časa vsaj 2800 let pred našim štetjem govori o legendi *Lo Shu* – »zvitke reke Lo«. V antični Kitajski je prišlo do silne poplave. Ljudje so skušali rečnemu bogu narasle reke Lo ponuditi daritev, da bi pomirili njegovo jezo. Iz vode se je prikazala želva z zanimivim vzorcem na oklepu: v tabeli velikosti tri krat tri so bila predstavljena števila, tako da je bila vsota števil v katerikoli vrstici, kateremkoli stolpcu in na obeh glavnih diagonalah enaka: 15. To število je tudi enako številu dni v 24 ciklih kitajskega sončnega leta. Ta vzorec so na določen način uporabljali upravljalci reke.

### 2.2 Kulturna pomembnost

Magični kvadrati so fascinirali človeštvo skozi vso zgodovino. Najdemo jih v številnih kulturah, npr. v Egiptu in Indiji, vklesane v kamen ali kovino, uporabljane kot talismane za dolgo življensko dobo in v izogib boleznim.

*Kubera-Kolam* je talna poslikava, ki se uporablja v Indiji, in je v obliki magičnega kvadrata reda 3. Ta je v bistvu enak kot kvadrat Lo Shu, vendar je vsako število povečano za 19.

Z magičnimi kvadrati so se ukvarjali tudi najbolj znani matematiki kot na primer Euler, glej [?].

## 2.3 Zgodnji kvadrati reda 4

Najzgodnejši znani magični kvadrat reda 4 je bil odkrit na napisu v Khajurahu v Indiji in v Enciklopediji Bratovščine Čistosti iz enajstega ali dvanajstega stoletja. Vrh vsega gre celo za »panmagični kvadrat«. V Evropi sta morda najbolj znana naslednja magična kvadrata reda 4:

Magični kvadrat v litografiji *Melancholia I* (glej sliko ?? za izsek s kvadratom) Albrechta Dürerja naj bi bil najzgodnejši magični kvadrat v evropski umetnosti. Zelo podoben je kvadratu Yang Huija, ki je nastal na Kitajskem približno 250 let pred Dürerjevim časom.

Slika 1: Dürerjev magični kvadrat



Vsoto 34 je mogoče najti pri seštevanju števil v vsaki vrstici, vsakem stolpcu, na vsaki diagonali, v vsakem od štirih kvadrantov, v sredinskih štirih poljih, v štirih kotih, v štirih sosedih kotov v smeri urinega kazalca ( $3 + 8 + 14 + 9$ ), v štirih sosedih kotov v nasprotni smeri urinega kazalca ( $2 + 5 + 15 + 12$ ), v dveh naborih simetričnih parov ( $2 + 8 + 9 + 15$  in  $3 + 5 + 12 + 14$ ), in še na nekaj drugih načinov. Števili na sredini spodnje vrstice tvorita letnico litografije: 1514.

Pasijonska fasada na katedrali Sagrada família v Barceloni (glej sliko ?? za fotografijo) vsebuje magični kvadrat reda 4.

Vsota števil v vrsticah, stolpcih oziroma na diagonalah je 33 – Jezusova starost v času pasijona. Strukturno je kvadrat podoben Dürerjevemu, vendar so števila v štirih poljih zmanjšana za 1. Posledica je, da sta števili 10 in 14 podvojeni in zato kvadrat ni normalen.

Slika 2: Pasijonska fasada, Sagrada Família



### 3 Osnovne lastnosti

**Definicija 3.** Vsoto ene vrstice, enega stolpca ali ene od glavnih diagonal v magičnem kvadratu imenujemo *magična konstanta*.

**Izrek 1.** *Magična konstanta normalnega magičnega kvadrata reda  $n$  je enaka*

$$M_2(n) = \frac{1}{2}n(n^2 + 1) \quad (2)$$

*Dokaz.* V normalnem magičnem kvadratu reda  $n$  je vsota vseh nastopajočih števil (glej eq:numbers na strani eq:numbers) enaka  $1 + 2 + 3 + \dots + n^2 = \sum_{k=1}^{n^2} k = \frac{1}{2}n^2(n^2 + 1)$ . Ker imamo v kvadratu  $n$  vrstic z enako vsoto, je vsota števil v eni vrstici enaka številu  $M_2(n)$ .  $\square$

Preprost račun pokaže, da je konstanti eq:mc analogna konstanta  $M_2(n; A, D)$  za magični kvadrat, v katerem so nameščena števila  $A, A + D, A + 2D, \dots, A + (n^2 - 1)D$ , enaka

$$\mathcal{M}_2(n; A, D) = \frac{1}{2}n(2A + D(n^2 - 1))$$

Kvadratu v tabeli ??? ustrezata konstanti  $A = 20$  in  $D = 1$ .

**Definicija 4.** Če vsako od števil v normalnem magičnem kvadratu reda  $n$  odštejemo od števila  $n^2 + 1$ , dobimo nov magični kvadrat, ki je prvotnemu *komplementaren*.

Tabela 2: Število različnih normalnih magičnih kvadratov

	točna vrednost					približek
red	1	2	3	4	5	6
število kvadratov	1	0	1	880	275305224	$(1,7745 \pm 0,0016)10^{19}$

Na primer, magičnemu kvadratu Lo Shu (glej tabelo ??) priredimo komplementarni kvadrat, prikazan v tabeli ??.

Vidimo, da je dobljeni kvadrat moč dobiti iz kvadrata Lo Shu tudi z zasukom za 180 stopinj okrog središča, kvadrat iz tabele ?? pa je mogoče dobiti iz kvadrata Lo Shu z zrcaljenjem preko sredinske vodoravne črte.

Število različnih normalnih magičnih kvadratov

**Definicija 5.** Pravimo, da sta dva magična kvadrata *različna*, če enega ni mogoče dobiti iz drugega s pomočjo zasukov oziroma zrcaljenj.

Števila različnih normalnih magičnih kvadratov se nahajajo v tabeli ??.

Vse normalne magične kvadrate reda 4 je oštevilčil Frénicle de Bessy leta 1693, glej [?], in jih je moč najti v knjigi [?] iz leta 1982. Število normalnih kvadratov reda 5 je izračunal R. Schroepel leta 1973 (glej Gardner [?]). Natančno število vseh različnih normalnih magičnih kvadratov reda 6 ni znano. Avtorja navedenega približka sta Pinn in Wierczerkowski (glej [?]), ki sta za oceno uporabila simulacijo Monte Carlo in metode statistične mehanike.

## 4 Primeri

V tabelah ??, ?? in ?? so prikazani magični kvadrati redov 5, 6 in 9.