

Cunami mašinskog učenja

2006. godine Geoffrey Hinton i dr. objavili su rad (<https://homl.info/136>)¹ u kojem pokazuju kako se obučava duboka neuronska mreža sposobna da rukom napisane cifre prepozna je s vrhunskom preciznošću (> 98%). Ovu tehniku su nazvali „Duboko učenje“. Duboka neuronska mreža je (veoma) pojednostavljen model naše moždane kore, sastavljen od slojeva veštačkih neurona. Obučavanje duboke neuronske mreže tada se uglavnom smatralo nemogućim² i krajem 1990-ih je većina istraživača napustila tu ideju. Ovaj rad je oživeo interesovanje naučne zajednice i ubrzo mnogi novi radovi su pokazali da je duboko učenje ne samo moguće, nego i da je u stanju da postigne zadivljujuće rezultate koje nijedna druga tehnika mašinskog učenja (MU) ne može da pruži (pomoću ogromne računarske snage i velikih količina podataka). Taj entuzijizam se ubrzo proširio i na mnoga druga područja mašinskog učenja.

Deceniju ili nešto kasnije, mašinsko učenje je pokorilo industriju: ono čini srce najvećeg dela čarolije današnjih visokotehnoloških proizvoda i rangira rezultate pretraživanja veba, omogućava da vaš pametni telefon prepozna govor, preporučuje video snimke i pobeđuje svetskog prvaka u igri Go. Čak i pre nego što postanete svesni toga, upravljate i vašim automobilom.

Mašinsko učenje u vašim projektima

Sasvim je prirodno da budete uzbuđeni zbog mašinskog učenja i da želite da se pridružite zabavi!

Možda biste želeli da ugradite mozak robotu koji ste sami napravili? Učiniti da prepozna lice? Ili naučiti ga da hoda okolo?

¹ Geoffrey E. Hinton i dr. „A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets“, *Neural Computation* 18 (2006): 1527–1554.

² Uprkos činjenici da su duboke konvolucione neuronske mreže Yann LeCuna dobro funkcionisale za prepoznavanje slika još od devedesetih godina prošlog veka, mada one nisu bile opšte namene.

Ili možda vaša kompanija ima gomile podataka (podaci o aktivnostima korisnika, finansijski podaci, podaci o proizvodnji, podaci iz senzora na mašinama, statistike pozivanja kol-centra, izveštaji o zaposelnima itd.) i vrlo je verovatno da biste tu mogli da otkrijete neke skrivene dragulje kada biste samo znali gde da ih tražite. Pomoću mašinskog učenja možete postići sledeće, a i još više (<https://homl.info/usecases>):

- Raspodela kupaca u segmente i pronalaženje najbolje marketinške strategije za svaki segment.
- Preporučivanje proizvoda svakom klijentu na osnovu onoga što su kupili slični klijenti.
- Otkrivanje transakcija koje mogu biti lažne.
- Prognoza prihoda za narednu godinu.

Bez obzira na razlog, odlučili ste da naučite mašinsko učenje i implementirate ga u svoje projekte. Odlična ideja!

Cilj i pristup

Ova knjiga pretpostavlja da vam nije poznato praktično ništa o mašinskom učenju. Njen cilj je da vam pruži koncepte, alate i intuiciju koji su vam potrebni da biste implementirali programe koji su u stanju da *uče iz podataka*.

Razmotrićemo veliki broj tehnika, od najjednostavnijih i nauobičajenijih (kao što je linearna regresija) do nekih tehnika dubokog učenja koje redovno pobeđuju na takmičenjima.

Umesto da implementiramo vlastite jednostavne verzije svakog algoritma, korišćićemo Pythhonove postojeće radne okvire:

- Mada je biblioteka Scikit-Learn (<http://scikit-learn.org/>) vrlo jednostavna za upotrebu, efikasno implementira mnoge algoritme mašinskog učenja, tako da predstavlja sjajnu početnu tačku za mašinsko učenje. Tu biblioteku je osmislio David Cournapeau 2007. godine, a danas je održava tim istraživača na fransuskom Institutu za istraživanje računarskih nauka i automatizaciju (Inria).
- TensorFlow (<https://tensorflow.org/>) je složenija biblioteka za distribuirane numeričke proračune. Omogućava efikasno obučavanje i upotrebu veoma obimnih neuronskih mreža tako što izračunavanja može da rasporedi čak na stotine servera opremljenih GPU jedinicama (jedinice za grafičku obradu). TensorFlow (TF) je osmišljen u kompaniji Google i podržava mnoge njihove aplikacije za mašinsko učenje širokog opsega. Od novembra 2015 je na raspolaganju kao otvoren kôd, a septembra 2019. objavljena je verzija 2.0.
- Keras (<https://keras.io/>) je API visokog nivoa za duboko učenje koji čini vrlo jednostavnim obučavanje i upotrebu neuronskih mreža. Može raditi u kombinaciji s TensorFlowom, Theanom ili Microsoftovim Cognitive Toolkitom (ranije poznat kao CNTK). TensorFlow se isporučuje sa svojom sopstvenom implementacijom ovog API-ja, nazvan `tf.keras`, koja pruža podršku za neke napredne funkcije TensorFlowa (npr. mogućnost efikasnog učitavanja podataka).

Ova knjiga je osmišljena kao praktičan pristup, da biste razvili intuitivno razumevanje mašinskog učenja kroz konkretne primere i samo malo teorije. Iako ovu knjigu možete čitati bez upotrebe računara, preporučujem vam da eksperimentišete s primerima koda koji su dostupni na webu u formatu Jupyter beležnica na <https://github.com/ageron/handson-ml2>.

Predznanja

Ova knjiga pretpostavlja da imate bar neko iskustvo sa programiranjem na jeziku Python i da poznajete glavne Pythonove naučne biblioteke - naročito NumPy (<http://numpy.org/>), pandas (<http://pandas.pydata.org/>) i Matplotlib (<http://matplotlib.org/>).

Osim toga, ako vas zanima šta je „ispod haube“, treba vam solidno znanje iz srednjoškolske matematike (infinitezimalni račun, linearna algebra, verovatnoća i statistika).

Ako ne znate Python, možete krenuti od knjiga: Python: uvod u programiranje (<https://www.mikroknjiga.rs/store/prikaz.php?ref=978-86-7555-362-5>), Naučite programiranje (<https://www.mikroknjiga.rs/store/prikaz.php?ref=978-86-7555-430-1>) ili veb lokacije <http://learnpython.org>. Zvanični tutorial na Python.org je takođe prilično dobar.

Ako nikada niste koristili Jupyter, poglavlje 2 će vas voditi kroz instalaciju i osnove: to je moćna alatka koju treba imati u svojoj kolekciji alatki.

Ako ne poznajete Pythonove naučne biblioteke, postoje Jupyter beležnice s uputstvima i primerima. Postoji i kratak matematički vodič za linearnu algebru.

Mapa puta

Ova knjiga je organizovana u dva dela. Prvi deo, *Osnove mašinskog učenja*, obrađuje sledeće teme:

- Šta je mašinsko učenje, koje probleme pokušava da reši i koje su glavne kategorije i osnovni koncepti tog sistema
- Koraci jednog tipičnog projekta mašinskog učenja
- Učenje uklapanjem modela u podatke
- Optimizacija funkcije gubitka
- Rukovanje, prečišćavanje i priprema podataka
- Biranje i prilagođavanje osobina podataka
- Odabir modela i podešavanje hiperparametara pomoću unakrsne provere
- Izazovi mašinskog učenja, naročito nedovoljno i prekomerno uklapanje modela (kompromis između odstupanja i varijanse)
- Najuobičajeniji algoritmi za učenje: linearna i polinomska regresija, logistička regresija, K-najbližih suseda, mašine se vektorima podrške, stablo odlučivanja, nasumične šume i metode ansambla

- Smanjivanje dimenzija podataka za obuku u borbi protiv „prokletstva dimenzionalnosti“
- Ostale nenadzirane tehnike učenja, među kojima su grupisanje, procena gustine i otkrivanje anomalija

Deo II, *Neuronske mreže i duboko učenje*, razmatra sledeće teme:

- Šta su neuronske mreže i za šta su one dobre
- Izrada i obuka neuronskih mreža pomoću TensorFlowa i Kerasa
- Najvažnije arhitekture neuronskih mreža: feedforward neuronske mreže za tabelarne podatke, konvolucione mreže za računarski vid, rekurentne mreže i duge kratkoročne mreže (LSTM) za obradu sekvenci, koderi/dekoderi i transformeri za obradu govornog jezika, autoenkoderi i generativne suparničke mreže (GAN) za generativno učenje
- Tehnike za obuku dubokih neuronskih mreža
- Kako da napravite agent (npr. bot za igre) koji metodom pokušaja i grešaka može da nauči dobre strategije primenom forsiranog učenja
- Efikasno učitavanje i obrada velikih količina podataka
- Obuka i uvođenje u upotrebu TensorFlow modela prema potrebama

U prvom delu koristimo uglavnom biblioteku Scikit-Learn, dok u drugom delu koristimo TensorFlow i Keras.



Nemojte prebrzo skakati u duboku vodu: dok je duboko učenje bez sumnje jedno od najuzbudljivijih područja mašinskog učenja, prvo bi trebalo savladati osnove. Štaviše, većina problema se može prilično uspešno rešiti upotrebom jednostavnijih tehnika, kao što su nasumične šume i metoda ansambla (o kojima je reč u delu I). Duboko učenje je najprikladnije za složene probleme kao što su prepoznavanje slika, razumevanje govora ili obrada govornog jezika, pod uslovom da imate dovoljno podataka, računarske snage i strpljenja.

Izmene u drugom izdanju

Ovo drugo izdanje ima šest glavnih ciljeva:

1. Razmatranje dodatnih tema u vezi s MU: dodatne nenadgledane tehnike učenja (kao što su grupisanje, otkrivanje anomalija, procena gustine i modeli mešanja); više tehnika za obuku dubokih mreža (uključujući samonormalizujuće mreže); dodatne tehnike računarskog vida (uključujući Xception, SENet, prepoznavanje predmeta pomoću YOLO i semantička segmentacija pomoću R-CNN); obrada sekvenci pomoću konvolucionih neuronskih mreža (KNM, uključujući WaveNet); obrada govornog jezika pomoću rekurentnih neuronskih mreža (RNM), KNM i transformera i GAN mreže.

2. Razmatranje dodatnih biblioteka i API-ja (Keras, Data API, TF agenti za forsirano učenje) i obuka i uvođenje u upotrebu TF modela pomoću API-ja Distribution Strategies, TF-Serving servera i Google Cloud AI platforme. Takođe kratko predstavljanje TF Transforma, TFLitea, TF Addons/Sek2Seka i TensorFlow.js.
3. Diskusija o nekim najnovijim važnim rezultatima istraživanja u oblasti mašinskog učenja.
4. Prilagodavanje na TensorFlow 2 svih poglavlja gde se koristi TensorFlow i upotreba TensorFlowove implementacije API-ja Keras (tf.keras) gde god je to moguće.
5. Ažuriranje primera koda da biste koristili najnovije verzije biblioteka Scikit-Learn, NumPy, pandas, Matplotlib i drugih biblioteka.
6. Pojašnjavanje nekih odeljaka i ispravljanje nekih grešaka, zahvaljujući sjajnim povratnim informacijama od čitalaca.

Dodata su neka nova poglavlja, druga su prepravljena, a neka su poređana drugim redosledom. Videti na <https://homl.info/changes2> detaljniji opis onoga što je izmenjeno u drugom izdanju.

Ostali resursi

Na raspolaganju su brojni odlični resursi za učenje mašinskog učenja. Na primer, kurs Andrew Nga na Courseri (<https://homl.info/ngcourse>) je neverovatan, iako zahteva značajno ulaganje vremena (računajte više meseci).

Imate i mnogo zanimljivih veb lokacija o mašinskom učenju, među kojima je i izuzetan priručnik za korisnike biblioteka Scikit-Learn (<https://homl.info/skdoc>). Možda će vam se svideti i Dataquest (<https://www.dataquest.io/>) koji nudi veoma lepe interaktivne tutoriale, kao i ML blogovi poput onih koji su navedeni na sajtu Quora (<https://homl.info/1>). I konačno, veb lokacija Deep Learning (<http://deeplearning.net/>) ima dobru listu resursa.

Postoje i mnoge druge uvodne knjige o mašinskom učenju. Naročito:

- *Data Science from Scratch*, Joela Grusa (izdavač je O'Reilly) predstavlja osnove mašinskog učenja i implementira neke od glavnih algoritama u čistom Pythonu (od nule, kao što ime upućuje).
- *Machine Learning: An Algorithmic Perspective*, Stephena Marslanda (izdavač je Chapman & Hall) je sjajan uvod u mašinsko učenje, koji detaljno obrađuje širok opseg tema s primerima koda u Pythonu (takođe od početka, ali s bibliotekom NumPy).
- *Python Machine Learning*, Sebastiana Raschkea (izdavač je Packt Publishing) takođe je odličan uvod u mašinsko učenje i koristi Python biblioteka otvorenog koda (Pilearn 2 i Theano).
- *Deep Learning with Python*, Francois Cholleta (izdavač je Manning) vrlo je praktična knjiga koja na jasan i sažet način obrađuje veliki broj tema, kao što biste mogli i očekivati od autora odlične biblioteka Keras. Daje prednost primerima koda ispred matematičke teorije.

- *The Hundred-Page Machine Learning Book*, knjiga Andreja Burkova veoma je kratka i sadrži impresivan opseg tema, koje uvodi na pristupačan način, ali ne izbegavajući matematičke jednačine.
- *Learning from Data*, čiji su autori Yaser S. Abu-Mostafa, Malik Magdon-Ismael i Hsuan-Tien Lin (izdavač je AMLBook) više je teoretski pristup mašinskom učenju koji pruža duboke uvide, posebno o kompromisu varijansa/odstupanje (videti poglavlje 4).
- *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, treće izdanje, čiji su autori Stuart Russel i Peter Norvig (izdavač je Pearson), sjajna je (i ogromna) knjiga koja obrađuje neverovatnu količinu tema, uključujući i mašinsko učenje.

I konačno, uclanjivanje na neku veb lokaciju za takmičenje u mašinskom učenju, kao što je Kaggle.com, omogućiće vam da vežbate svoje veštine na stvarnim problemima, uz pomoć i podršku nekih od najboljih profesionalaca u oblasti MU.

Konvencije koje se koriste u ovoj knjizi

U ovoj knjizi se koriste sledeće tipografske konvencije:

Kurzivna slova

Označavaju nove pojmove, URL adrese, adrese e-pošte, imena datoteka i nastavke imena datoteka.

Slova fiksne širine

Koriste se za listinge programa, kao i u unutar teksta za označavanje elemenata programa kao što su imena promenljivih ili funkcija, baza podataka, tipova podataka, promenljivih okruženja, naredbe i ključne reči.

Podobljana slova fiksne širine

Prikazuju komande ili drugi tekst koji korisnik treba da upiše doslovno.

Kurzivna slova fiksne širine

Prikazuju tekst koji korisnik treba da zameni svojim vrednostima ili vrednostima koje određuje kontekst.



Ovaj element označava savet ili predlog.



Ovaj element označava napomenu.



Ovaj element označava upozorenje ili oprez.

Primeri koda

Postoji niz Jupyterovih beležnica prepunih dopunskog materijala, kao što su primeri koda i vežbe, koje možete preuzeti na <https://github.com/ageron/handson-ml2>.

Neki primeri koda u knjizi izostavljaju delove koji se ponavljaju ili detalje koji su očigledni ili nisu ni kakvoj vezi s mašinskim učenjem. Tako se zadržava usredsređenost na važne delove koda i štedi prostor da bi se obuhvatio veći broj tema. Ako želite kompletne primere koda, svi su na raspolaganju u obliku Jupyterovih beležnica.

Imajte na umu da kada primeri koda prikazuju rezultate, ti primeri koda prikazani su s Pythonovim odzivnicima (`>>>` i `...`), kao u Python ljusci, da biste jasno razlikovali kôd od rezultata. Na primer, ovaj kôd definiše funkciju `square()`, zatim izračunava i prikazuje vrednost kvadrata od 3:

```
>>> def square(x):
...     return x ** 2
...
>>> result = square(3)
>>> result
9
```

Kada kôd ne prikazuje nikakav rezultat, odzivnici se ne koriste. Međutim, rezultat se ponekad može prikazati i u obliku komentara, kao što je ovaj:

```
def square(x):
    return x ** 2

result = square(3) # rezultat je 9
```

Korišćenje primera koda

Namena ove knjige je da vam pomogne da obavite svoj posao. Ako je u knjizi naveden primer, uglavnom ga možete koristiti u svojim programima i dokumentaciji. Ne morate nam tražiti dozvolu ako ne reprodukujete značajan deo koda. Na primer, za pisanje programa koji koristi više blokova koda iz ove knjige nije potrebno odobrenje. Umetanje značajnog dela primera koda iz ove knjige u dokumentaciju vašeg proizvoda zahteva prethodnu dozvolu.

Zahvalnost

Ni u svojim najluđim snovima nisam zamišljao da će prvo izdanje ove knjige privući tako veliku publiku. Dobio sam toliko poruka od čitalaca, u kojima su mnogi postavljali pitanja, neki ljubazno isticali greške, a većina mi je poslala ohrabrujuće reči. Ne mogu izraziti koliko sam zahvalan svima njima na ogromnoj podršci. Hvala svima! Molim vas da ako otkrijete greške u primerima koda (ili samo da biste postavili pitanja) ne ustručavate se da ih prijavite na GitHub (<https://homl.info/issues2>) ili pošaljete ispravke tih grešaka (<https://homl.info/errata2>). Neki čitaoci su takođe podelili kako im je ova knjiga pomogla da pronađu svoj prvi posao ili kako im je pomogla da reše konkretan problem na kojem su radili. Smatram da su takve povratne informacije neverovatno motivirajuće. Ako smatrate da vam je ova knjiga korisna, voleo bih kada biste svoju priču podelili sa mnom, privatno (npr. putem LinkedIna na <https://www.linkedin.com/in/aurelien-geron/>) ili javno (npr. u obliku tvita ili recenzije na Amazonu).

Takođe sam izuzetno zahvalan svim divnim ljudima koji su izdvojili vreme iz svojih užurbanih života da bi moju knjigu pregledali s tolikom pažnjom. Posebno bih se zahvalio Francois Cholletu na pregledu svih poglavlja o Kerasu i TensorFlowu i pružanju nekoliko sjajnih povratnih informacija. Budući da je Keras jedan od glavnih dodataka ovom drugom izdanju, recenzija od samog autora Kerasa za mene ima neprocenjivu vrednost. Toplo preporučujem Francoisovu knjigu *Deep Learning with Python* (<https://homl.info/cholletbook>) (izdavač je Manning): ona ima sažetost, jasnoću i dubinu same biblioteke Keras. Posebno sam zahvalan Ankur Patelu, koji je pregledao svako poglavlje ovog drugog izdanja i pružio mi odlične povratne informacije, posebno o poglavlju 9, koje obrađuje nenadgledane tehnike učenja. Mogao je napisati celu knjigu na tu temu... a, čekajte, već jeste! Pogledajte *Hands-On Unsupervised Learning Using Python: How to Build Applied Machine Learning Solutions from Unlabeled Data* (<https://homl.info/patel>), izdavač je O'Reilly. Veliko hvala i Olzhasu Akpambetovu, koji je pregledao sva poglavlja u drugom delu knjige, testirao veći deo koda i ponudio mnogo sjajnih predloga. Zahvalan sam Marku Daoustu, Jon Krohnu, Dominiku Monnu i Joshu Pattersonu na recenziji drugog dela ove knjige i uključivanju njihove stručnosti. Nisu ostavili nijedan kamen neprevrnut i pružili su neizmerno korisne povratne informacije.

Dok sam pisao ovo drugo izdanje, imao sam sreću da dobijem veliku pomoć od članova TensorFlow tima, naročito Martina Wicke, koji je neumorno odgovarao na desetine mojih pitanja a ostatala slao pravim ljudima, među kojima su Karmel Allison, Paige Bailey, Eugene Brevdo, William Chargin, Daniel „Wolff” Dobson, Nick Felt, Bruce Fontaine, Goldie Gadde, Sandeep Gupta, Priya Gupta, Kevin Haas, Konstantinos Katsiapis, Viacheslav Kovalevski, Allen Lavoie, Clemens Mewald, Dan Moldovan, Sean Morgan, Tom O'Malley, Alexandre Passos, Andre Susano Pinto, Anthony Platanios, Oscar Ramirez, Anna Revinskaya, Saurabh Saxena, Ryan Sepassi, Jiri Simsa, Xiaodan Song, Christina Sorokin, Dustin Tran, Todd Wang, Pete Warden (koji je recenzirao i prvo izdanje) Edd Wilder-James i Yuefeng Zhou, koji su svi bili od izuzetne pomoći. Veliko hvala svima vama i svim ostalim članovima TensorFlow tima, ne samo na vašoj pomoći, već i što ste napravili tako sjajnu biblioteku! Posebna zahvalnost Ireni Giannoumis i Robertu Croweu iz TFX tima za detaljni pregled poglavlja 13 i 19.

Veliko hvala i fantastičnom osoblju O'Reillya, posebno Nicole Taché, koja mi je davala vredne povratne informacije i uvek bila vesela, ohrabrujuća i korisna. Nisam mogao da sanjam o boljem uredniku. Veliko hvala i Michele Cronin, koja je bila od velike pomoći (i strpljenja) od samog početka ovog drugog izdanja, i Kristen Brown, urednici drugog izdanja, koja je prošla kroz sve korake (koordinisala je i popravke i ispravke za svaki reprint prvog izdanja). Hvala i Rachel Mongan i Amandi Kersei na njihovim temeljnim ispravkama (prvog, odnosno drugog izdanja), kao i Johnnyju O'Tooleu koji je bio veza sa Amazonom i odgovorio na mnoga moja pitanja. Zahvaljujem se Marie Beaugureau, Benu Loricu, Mikeu Loukidesu i Laurelu Rumi što su verovali u ovaj projekat i pomogli mi da definišem njegov opseg. Hvala Mattu Hackeru i celom Atlas timu koji su odgovorili na sva moja tehnička pitanja u vezi sa formatiranjem u AsciiDocu i LaTeX-u, a hvala i Nick Adamsou, Rebeci Demarest, Rachel Head, Judith McConville, Helen Monroe, Karen Montgomeri, Rachel Roumeliotis i svima drugima u O'Reillyu koji su doprineli ovoj knjizi.

Želeo bih da se zahvalim i mojim ranijim kolegama iz kompanije Google, posebno YouTubeovom timu za klasifikaciju video snimaka, što su mi pokazali toliko mnogo toga u vezi sa mašinskim učenjem. Bez njih ne bih mogao ni da započnem prvo izdanje ove knjige. Posebno se zahvaljujem mojim ličnim „guruima“ za mašinsko učenje: Clementu Courbetu, Julienu Dubois, Mathiasu Kendeu, Danielu Kitachewskom, Jamesu Packu, Alexanderu Paku, Anoshu Raju, Vitoru Sessaku, Wiktoru Tomczaku, Ingrid von Glehn i Richu Washingtonu. Hvala i svim ostalim s kojima sam radio u YouTubeu, kao i izuzetnim Googleovim istraživačkim timovima u Mountain Viewu. Zahvaljujem se i Martinu Andrews, Samu Wittevenu i Jasonu Zamanu na dobrodošlici u njihovu grupu Google Developer Experts u Singapuru, uz ljubaznu podršku Soonsona Kwona, kao i za sve odlične diskusije koje smo imali u vezi s mašinskim učenjem i TensorFlowom. Svako u Singapuru koga zanima mašinsko učenje treba da učestvuje na sastancima njihove grupe Deep Learning Singapore (<https://homl.info/meetupsg>). Jason zaslužuje posebnu zahvalnost što mi je stavio na raspolaganje deo svog znanja o TFLiteu u poglavlju 19!

Neću nikad zaboraviti sve divne ljude koji su recenzirali prvo izdanje ove knjige, među kojima su David Andrzejewski, Lukas Biewald, Justin Francis, Vincent Guilbeau, Eddy Hung, Karim Matrah, Gregoire Mesnil, Salim Semaoune, Iain Smears, Michel Tessier, Ingrid von Glehn, Pete Warden i razume se, moj dragi brat Sylvain. Posebno se zahvaljujem Haesunu Parku, koji mi je pružio mnoge odlične povratne informacije i otkrio nekoliko grešaka dok je prevodio na korejski jezik prvo izdanje ove knjige. Preveo je na korejski i Jupyterove beležnice, da ni ne pominjem dokumentaciju TensorFlowa. Ja ne govorim korejski, ali sudeći po kvalitetu komunikacije s njim, mora da su svi njegovi prevodi zaista odlični! Haesun je ljubazno doprineo i nekim rešenjima u ovom drugom izdanju.

Poslednje ali ne i najmanje važno, beskrajno sam zahvalan mojoj voljenoj supruzi, Emmanuellei i našoj divnoj deci, Alexandreu, Remiju i Gabriellei, za svu podršku tokom rada na ovoj knjizi. Zahvalan sam im i na njihovoj neutoljivoj radoznalosti: objašnjavanje nekih među najtežim konceptima u ovoj knjizi mojoj ženi i deci pomoglo mi je da raščistim misli i direktno poboljšalo mnoge delove knjige. A i stalno su mi donosili kafu i kolačiće! Šta više može čovek da sanja?