

Experimentální analýza algoritmů je empirickým protějškem teoretické analýzy algoritmů.

Je součástí širších disciplín, které se nazývají **Experimentální algoritmika (EA)** a **Algoritmové inženýrství (AI)**.

EA i **AI** vznikly někdy po roce 1990, jejich vznik a rozvoj byl umožněn možnostmi moderních počítačů, zejména:

Provádět velké množství experimentů s rozsáhlými daty

Elektronicky publikovat výsledky

Vytvářet a sdílet knihovny efektivních implementací algoritmů

Vytvářet a sdílet soubory reálných i simulovaných testovacích dat

Cíle:

1) Uvádět algoritmy navržené teoretiky do praxe (**AI**) – to obnáší zejména:

Implementace, ladění, testování správnosti

Měření charakteristik (např. času, počtu určitých operací, výpadků z cache atd.)

Vytváření programových systémů jako vývojového prostředí pro tyto činnosti

Vytváření knihoven efektivních programů (včetně dokumentace)

Generování a vytváření knihoven testovacích dat

Tvorba prostředků pro vizualizaci, animaci, prezentaci výsledků

2) Vyhodnocením výsledků experimentů zpětně napomáhat teoretikům při navrhování lepších algoritmů (**EA**) – např.:

Porovnávat algoritmy se stejnou asymptotickou složitostí

Vyčíslovat „skryté“ konstanty v symbolech O , Ω , θ

Suplovat teoretické výsledky v případech, kdy nejsou známy

Studovat chování heuristických metod

Studovat vliv hierarchických pamětí na chování algoritmů

Formulovat nové otázky a hypotézy pro teoretickou analýzu

Při zpracování výsledků experimentů se používají metody matematické statistiky.

Následující odkazy mohou být užitečné, ale není zaručeno, že v nich najdete všechno, co budete pro svou práci potřebovat. Některé také během času už nemusí být aktuální, na druhé straně se neustále objevují další.

Úvodní a přehledové publikace:

B. M. E. Moret: Towards a discipline of Experimental algorithmics, in DIMACS series in Discrete Math. and Theoretical Comp. Sci. 59 (2002), 197 - 213 (původně in Proc. 5th DIMACS Challenge Workshop, 1996)

http://www.cs.unm.edu/~moret/dimacs_algorithmics.pdf

Obsah: motivace, předmět zájmu a cíle **EA**

C. C. McGeoch: A bibliography of algorithm experimentation, tamtéž
Obsah: komentovaný přehled užitečné literatury z různých oborů

C. Demetrescu, G. F. Italiano: What do we learn from Experimental algorithmics?, in
Proc. MFCS 2000, LNCS 1893, 36 – 51

<http://www.springerlink.com/content/yj370kk82q958drx/fulltext.pdf>

Obsah: přehled existujících softwarových knihoven, souborů testovacích dat, systémů

C. C. McGeoch: A Guide to Experimental Algorithmics, Cambridge Univ. Press 2012
Obsah: přehledová monografie s odkazem na web AlgLab: An Open Laboratory for
Experiments on Algorithms <https://app.cs.amherst.edu/alglab/>

M. Müller-Hannemann, S. Schirra (Eds.): Algorithm Engineering – Bridging the Gap
between Algorithm Theory and Practice, LNCS 5971, Springer 2010

Obsah: soubor přehledových článků o různých aspektech AI napsaných účastníky GI-
Dagstuhl Seminar 2006

Softwarové knihovny:

LEDA (Library of Efficient Data Types and Algorithms)

<http://www.algorithmic-solutions.com/leda/>

původní autoři K. Mehlhorn a S. Näher, 1989, spojeno s knihou

K. Mehlhorn, S. Näher: LEDA – A Platform for Combinatorial and Geometric
Computing, Cambridge Univ. Press, 1999

<http://www.mpi-inf.mpg.de/~mehlhorn/LEDAbook.html>

Stony Brook Algorithm Repository

<http://www.cs.sunysb.edu/~algorithm/>

spojeno s knihou

S. Skiena: Algorithm Design Manual, Springer 1997, 2. vydání 2008

<http://www.springer.com/computer/theoretical+computer+science/foundations+of+computations/book/978-1-84800-069-8>

CGAL (Computation Geometry Algorithms Library)

<http://www.cgal.org>

Knihovny testovacích dat:

Stanford GraphBase

Spojena s D. Knuthem a jeho knihou The Stanford GraphBase: A Platform for
Combinatorial Computing, ACM Press, Addison-Wesley 1993 (paperback 2009)

<http://www-cs-faculty.stanford.edu/~knuth/sgb.html>

Vyplatí se navštívit i osobní stránky D. Knutha

<http://www-cs-faculty.stanford.edu/~knuth/index.html>

Knihovna CATS (Combinatorial Algorithms Test Sets)

Projekt představili A. V. Goldberg a B. M. E. Moret v roce 1999

Spojená s časopisem ACM Journal on Experimental Algorithmics (JEA)

<http://www.jea.acm.org>

<http://www.jea.acm.org/CATS> - stránka knihovny v současné době nefunguje, projekt byl pravděpodobně ukončen

Nástroje pro vizualizaci a animaci

LEONARDO

<http://www.dis.uniroma1.it/~demetres/Leonardo/>

Komplexní výpočetní prostředí

system LINK

vyvinut v Center for Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science

(DIMACS) na Rutgers University

<http://www.dimacs.rutgers.edu/~berrvj/LINK.html> - stránka v současné době nefunguje, projekt byl pravděpodobně ukončen

Časopisy věnované EA:

ACM Journal on Experimental Algorithmics (JEA)

<http://www.jea.acm.org>

Konference:

SEA – Symposium on Experimental Algorithm

WEA – Workshop on Experimental Algorithm

ExpCS – Workshop on Experimental Computer Science

ALENEX – Algorithm Engineering & Experiments

Dagstuhl Seminar on Experimental Algorithmics

WAE – Workshop on Algorithm Engineering

Otevřené projekty:

DIMACS Implementation Challenges

<http://dimacs.rutgers.edu/Challenges>

Statistický software:

K EA patří i statistická analýza experimentálních výsledků.

Přehled statistického softwaru dostupného na MFF je na stránkách KPMS

<http://www.karlin.mff.cuni.cz/~kpms/?vyber=software&lang=>

Náhodné generátory:

Přehled literatury o náhodném generování, softwaru a testů je např. na

<http://random.mat.sbg.ac.at/>, stránka ale v současné době není dostupná.

Jinak lze ke studiu doporučit např. článek

P. L'Ecuyer: Random Number Generation, in Handbook of Computational Statistics, chapter 3, 35-71, rukopis dostupný na

<http://www.iro.umontreal.ca/~lecuyer/myftp/papers/handstat.pdf>.

Pro experimentování se používají simulační generátory, nikoli kryptografické. Ke stažení je např. Mersenne Twister na

<http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/emt.html>.

Prostředky pro přesné měření času v experimentech:

Čas běhu programu je silně ovlivněn konkrétním výpočetním prostředím (procesor, paměť, operační systém, ...) a způsobem měření času (počítání cyklů procesoru, různé funkce odečítající čas, profily, ...). Je proto třeba hledat prostředky pro konkrétní konfiguraci počítače, operační systém a programovací jazyk. Zde si budete muset při vyhledávání informací poradit každý sám, protože je toho mnoho a navíc se to rychle mění.

Jednoduchá obecně platná doporučení:

Zabránit přístupu jiných uživatelů (odpojit počítač od sítě) a nechat běžet jen testovaný program

Omezit systémové služby na nutné minimum

Opakovat experiment několikrát s naprosto stejnými daty a z naměřených časů vzít např. průměr

Statistické metody pro vyhodnocování experimentálních dat:

Dostupná a srozumitelná literatura je např.:

J. Anděl: Statistické metody, MATFYZPRESS, Praha 1998

K. Zvára, J. Štěpán: Pravděpodobnost a matematická statistika, MATFYZPRESS, Praha 1997

V. Dupač, M. Hušková: Pravděpodobnost a matematická statistika, Karolinum, Praha 1999

J. Antoch, D. Vorlíčková: Vybrané metody matematické statistiky, Academia, Praha 1992

Poněkud starší a obtížnější je:

C. R. Rao: Lineární modely statistické indukce a jejich aplikace, Academia, Praha 1978

V elektronické podobě (na požádání autorů):

L. Komárková, A. Komárek: Základy analýzy dat a statistického úsudku s příklady v R, Oeconomia, VŠE, Praha 2007

L. Komárková, A. Komárek: Statistická analýza závislostí s příklady v R, Oeconomia, VŠE, Praha 2007

Příkladem dobré experimentální studie algoritmů je třeba

C. Barrett et al.: Statistical Analysis of Algorithms: A Case Study of Market-Clearing Mechanisms in the Power Industry, Journal of Graph Algorithms and Applications vol. 7, no. 1, pp. 3-31 (2003) <http://jgaa.info/accepted/2003/Barrett+2003.7.1.pdf>