

Nový nástroj z TUL urychlí výzkum nanovláken

3.9.2026 - Adam Pluhař | Technická univerzita v Liberci

Úmorná a zdoluhavá ruční analýza nanovláken na snímcích z elektronového mikroskopu se stává minulostí. Pavel Márton z fakulty mechatroniky vyvinul systém, který dokáže automaticky měřit průměry vláken a další charakteristiky u složitých nanovláčenných struktur. Nový nástroj je k dispozici pro všechny výzkumníky, studenty i odborníky z praxe, kteří se zabývají nanovláčky.

Vývoj trval tři roky a nyní je první verze systému dostupná na serveru *nanometer.fm.tul.cz*. Jeho cílem je usnadnit práci vědcům, kteří dosud museli při vyhodnocování snímků z rastrovacího elektronového mikroskopu (SEM) měřit jednotlivá vlákna ručně.

„Chtěl jsem nejen zrychlit práci s analýzou nanovláken, ale také snížit subjektivitu a umožnit porovnatelné vyhodnocování většího množství dat,“ říká Pavel Márton z Fakulty mechatroniky, informatiky a mezipředmětových studií TUL (FM) k motivaci, která jej vedla k naprogramování nástroje a jeho zpřístupnění prostřednictvím webového rozhraní. Nápad dostal u obhajob diplomových prací na FM, kde studenti oboru nanotechnologie své analýzy nanovláčenných struktur prezentovali.

Automatické vyhodnocování není nová myšlenka. Existují plugíny pro program ImageJ nebo specializované skripty pro MATLAB, podle Evy Kuželové Košťákové z katedry chemie Fakulty přírodovědně-humanitní a pedagogické TUL ale mají při analýze reálných nanovláčenných struktur své limity. Tyto programy sice mohou být užitečné u jednodušších nebo dobře kontrastních struktur, ale u reálných experimentálních SEM snímků často narážejí na zásadní omezení.

„Nanovláčenné membrány jsou totiž opticky i geometricky složité. Vlákna se překrývají, kříží, větví, splývají do svazků, mizí v hloubce struktury nebo se lokálně mění jejich jas a kontrast. Je tam zkrátka mnoho záležitostí, které nejde jednoduše nastavit,“ vysvětluje docentka Kuželová Košťáková, jež byla součástí skupiny vědců a studentů, kteří doktoru Mártonovi poskytovali SEM snímky, ověřovali správnost výsledků a pomáhali systém ladit tak, aby odpovídal potřebám výzkumníků.

Místo stovek kliknutí automatická analýza

Nanovláčka patří k materiálům, s nimiž je Technická univerzita v Liberci neodmyslitelně spjata. Uplatňují se v medicíně, filtraci, energetice i dalších oborech a na TUL je zkoumá řada výzkumných týmů. Bez ohledu na konkrétní aplikaci však stojí každý výzkum na stejném základě – co nejpřesnějším určení vlastností nanovláken.

Průměr nanovláken se pohybuje v řádu desítek až stovek nanometrů, takže je nelze pozorovat běžným optickým mikroskopem. Výzkumníci proto pracují se snímky z elektronového mikroskopu, na nichž sledují nejen průměr vláken, ale také jejich orientaci, větvení, překryvy nebo další změny struktury.

Právě jejich vyhodnocování však dosud představovalo jednu z nejpracnějších částí výzkumu. Vědci museli ručně vybírat jednotlivá vlákna a opakovaným klikáním myši označovat jejich strany, aby bylo možné změřit průměr vláken. Pokud například výzkumník potřeboval změřit 300 vláken a navíc na několika snímcích, šlo o úmornou práci zahrnující stovky až tisíce kliknutí. U rozsáhlejších souborů snímků šlo o hodiny rutinní práce, navíc s rizikem, že různí hodnotitelé dospějí k odlišným

výsledkům.

Nový nástroj na serveru *nanometer.fm.tul.cz* nabízí modernější přístup. Uživatel do něj nahraje SEM snímek a systém automaticky vyhodnotí požadované vlastnosti vláken. V současnosti dokáže vyhodnocovat jejich průměr, orientaci i další charakteristiky a přímo v obraze barevně zvýrazní, jak jednotlivé struktury rozpoznal. Výzkumník si tak může správnost analýzy okamžitě ověřit. Zároveň je možné stáhnout datové soubory s konkrétními rozpoznanými hodnotami, které lze využít k další cílené analýze.

„Tam, kde dnes výzkumník často tráví mnoho času rutinním měřením, může automatizovaný nástroj poskytnout rychlý první odhad. Výzkumníkovi také umožní soustředit se na vědecky zajímavější otázky – například jak se struktura vláken mění s parametry přípravy, nebo jak souvisí jejich průměr a orientace s filtračními, mechanickými nebo biologickými vlastnostmi různých vzorků,“ vysvětluje Pavel Márton.

„Nový nástroj nám velmi pomáhá. Nově stačí jen nahrát snímek a systém nám během chvíle nabídne vyhodnocení. Navíc barevně ukáže, co skutečně rozpoznal, takže si můžeme ověřit, že měří správně. Je to pro nás obrovská úspora času a rutinní práce i větší jistota, že publikujeme správná data. Když chceme publikovat, musíme si být zkrátka jistí, že ukazujeme světu pravdu,“ říká docentka Kuželová Košťáková.

Podle ní může nový nástroj přinést nejen mnohonásobně rychlejší a přesnější měření, ale také nové poznatky o struktuře nanovláken. Díky analýze velkého množství dat totiž dokáže odhalit jemné rozdíly, které při běžném ručním měření často zůstávaly skryté.

„Myslím, že díky tomu můžeme najít mnohem více detailů, které jsme dosud v nanovláknenných materiálech nebyli schopni vidět. To může pomoci nejen při vývoji materiálů pro medicínu, ale i při dalších aplikacích, kde je struktura nanovláken zásadní,“ dodává Eva Kuželová Košťáková. Jejím přáním je, aby se nástroj stal běžnou součástí výzkumu nanovláken. Podle vědkyně by sjednocení metodiky usnadnilo porovnávání výsledků mezi výzkumnými týmy po celém světě.

Výzkumníci chtějí jít ale ještě dál: *„Do budoucna se chceme zaměřit také na to, zda lze ze statistického vyhodnocení 2D mikroskopických snímků odhadnout skutečné zastoupení průměrů, orientací a dalších vlastností vláken v trojrozměrném materiálu: na snímcích se jednotlivá vlákna částečně překrývají, nedostáváme tedy plnou informaci,“* říkají členové týmu z katedry chemie FP, jehož součástí byl kromě Evy Kuželové Košťákové také David Lukáš a Jaroslav Mikule.

Server je nyní dostupný jako první veřejná verze a jeho autor počítá s dalším zpřesňováním rozpoznávání i rozšiřováním možností systému ve spolupráci s výzkumnými skupinami napříč Technickou univerzitou v Liberci. Každá z nich může přinést nové typy vzorků, nové požadavky i další otázky, které bude možné pomocí automatizované analýzy řešit. Moderní metody kvantitativní mikroskopie založené na hlubokém učení výrazně rozšiřují možnosti zpracování mikroskopických snímků a nástroj *nanometer* je jedním z příkladů, jak lze tyto přístupy využít v praktickém výzkumu na TUL.

Adam Pluhař

<https://tuni.tul.cz/a/novy-nastroj-z-tul-urychli-vyzkum-nanovlaken-172024.html>