Řekni, kde ty kytky jsou

Moderní technologie loví invazní druhy.

Dron s multispektrálními kamerami lokalitu nasnímá a na vzniklé mapě pak hluboké strojové učení automaticky vymapuje výskyty hledaného druhu, a to už od stadia odrostlých semenáčů. Aby taková technologie dokázala druh rozeznat od okolí, musí ji to výzkumníci napřed sami naučit. Hluboké učení je naštěstí velmi učenlivé.

text Jiří Sádlo, Jan Čuda a Lucie Červená[1]

Vypadá to jako paradox, ale není: najít, vymapovat a spočítat jedince vzácného druhu bývá často snazší než udělat poctivou mapu druhu hojného. U vzácných rostlin pracujeme s desítkami či stovkami bodů v mapě, zatímco u těch hojných jsou tisíce a tisíce výskytů a ty jsou rozptýleny v mozaice od souvislých porostů po jednotlivé semenáčky skryté v trávě. Takové druhy rostou „všude a nikde“, a to je pro ochranu přírody nejobtížnější: ne že by nějakou rostlinu nešlo poznat, ale nejde ji v rozumném čase a s rozumnou jistotou zachytit tak, abychom věděli, kde opravdu je – a kde už zítra bude.

V Krkonoších a Orlických horách je typickým příkladem vlčí bob mnoholistý, *Lupinus polyphyllus,* populární modrá vysoká kytka zvaná lupina. Na českých horách je hojná už přes sto let, ale v podmínkách tradičního hospodaření se příliš nešířila. Zato v posledních letech s tím začala a rozbíhá se do luk, podél cest a do narušených ploch.

Šíření a kontrola nepůvodních druhů v krajině je starý problém, který se v Česku řeší minimálně padesát let. Tradičně se takové druhy ručně mapovaly (nebo ani to ne) a zásahy se zaměřovaly na velké populace, kdežto ty drobné se pomíjely. Zanést do mapy přesné výskyty vypadá snadně, ale není. „Anče, Kubo, hajnej, marš mapovat!“, řekl by Trautenberk. Jenže takové akce jsou vždycky strašně pracné a hlavně neúčinné, protože důležitá je právě ona pátá kolona izolovaných výskytů. Ty jsou předvojem dalšího bouřlivého šíření, ale těžko se hledají a lokalizují. Je to jako stav před chřipkovou epidemií, kdy spousta lidí už pokašlává, ale tají to, dokud jen může. Musíme tedy věc řešit, a to nově. Ano, lupina je krásná květina, ale na zahrádce, ne na druhově bohaté louce, jejíž složení se formovalo několik staletí i tisíciletí. A totéž platí o dalších konkurenčně silných druzích.

Digitální oči nad Krkonošemi: jak drony a umělá inteligence pomáhají v boji s invazemi

Současný projekt[2] sleduje v Krkonoších a Orlických horách výskyt a šíření nepůvodních druhů invazních a původních druhů expanzních. Spolupracují botanici a geografové, a do služeb ochrany přírody zapojili moderní techniku: multispektrální drony a umělou inteligenci schopnou hlubokého učení. Cíl projektu je jasný – naučit technologii nacházet druhy rostlin, které vytlačují původní horskou květenu. Jenže už samo určování těch druhů není úplně jednoduché. Lupinu přece pozná každý, řeklo by se. Za květu jistě, ale těžší je nepřehlédnout v trávě mladé rostliny nebo rozeznat od sebe na dálku druhy velkých lupenatých bylin. A ještě těžší je to naučit stroj. Třeba šťovík alpský a kolotočník (*Rumex alpinus, Telekia speciosa*), další dva invazní výtečníci, se poznají od sebe a od nevinné a vzácné haveze (*Adenostyles alliariae*) hlavně žilkováním listu a strukturou listového okraje. Proto musíme pracovat s opravdu jemným prostorovým rozlišením.

Při automatické detekci druhů rostlin nejprve celou lokalitu nasnímá dron s multispektrální kamerou. Ta dokáže zaznamenat vegetaci nejen v běžných barvách, jak je vidíme my, ale i v nám neviditelných pásmech blízkého infračerveného záření (NIR). Snímek je pak informačně mnohem bohatší než pouhá fotografie, je to takový spektrální podpis či otisk prstu. Dokážeme jím odlišit vizuálně podobné druhy, lze však hodnotit i třeba kondici vegetace; chlorofyl i voda v pletivech totiž odráží specifické vlnové délky světla. Získaných dat je k dispozici opravdu hodně: jen za rok 2024 to bylo z plochy veliké přibližně 10 hektarů přes 90 GB snímků a 30 miliard záznamů, což jsou už docela velká a podrobná data.

Po nasnímání dronem následuje pozemní mapování, kde výzkumníci zaznamenávají jedince či celé porosty. Základem úspěchu je zde extrémní přesnost. V terénu se využívají GPS přístroje, které díky kombinaci dat z družic a korekcím z pozemních stanic rostlinu lokalizují s přesností na centimetry. Pro přesné zaměření je ovšem nezbytný signál z družic a mobilního připojení, a pokud chybí, přicházejí potíže. Typicky se to stává v hlubokých údolích, kde pak musíme hledat i improvizovaná „offline“ řešení bez zaměření pozice v terénu. Pak se pokorně vracíme zpátky k metodě „Anče, Kubo, hajnej!“ a nalezené rostliny ručně zaznamenáváme na aktuálním ortofotu v tabletu podle podobnosti tvaru trsů rostlin. To je možné díky velkému rozlišení snímků ~1 cm^2 na pixel; na ortofotu lze při dostatečném zvětšení rozpoznat

například jednotlivé větší listy, či se dá orientovat třeba podle okolních květů pampelišek. Výsledek této mravenčí práce s tisíci jedinci rostlin, které jsme zaměřili jako body v terénu, slouží potom jako „učebnice“ pro umělou inteligenci.

Umělá inteligence pátrá a zasahuje

Protože dat je opravdu hodně, je třeba celý proces automatizovat – to umožňují metody hlubokého učení (deep learning). Algoritmy AI se musí naučit poznat hledaný druh i v krajních situacích – když jsou rostliny skryté v zástinu kleče, rostou v prudkém svahu nebo jsou poškozené třeba herbicidem či pastvou. Cílem je rozeznat alespoň 90 % sledovaných rostlin. Lépe se to daří u druhů s velkými nápadnými listy, které kontrastují s okolím. Dobře detekovatelný je například šťovík alpský, kdežto lupina s menšími členitými listy unikne snáze. Pokud se podaří vyladit algoritmy tak, aby spolehlivě poznaly kvetoucí i nekvetoucí invazní rostliny, získá ochrana přírody zásadní nástroj. Místo obtížného procházení stovek hektarů bude stačit přelet dronu, který správcům parku na mapě přesně ukáže: tady je potřeba zasáhnout. Pak už ochranářům postačí cílená mikroaplikace herbicidu – a to je něco zcela jiného než v národním parku cákat chemii naveliko a nazdařbůh. Pro větší zasažené plochy, kde by herbicid zničil i cennou původní vegetaci, je pak vhodnější druhá možnost, a sice radikální změna managementu celé lokality. Funguje například dopásání ovcemi; o lupinu se postarají a krátkodobě lučním druhům neublíží.

Vlčí bob v hledáčku

Díky technologiím můžeme mapovaný druh nejen účinněji pronásledovat, ale také lépe chápat strategii jeho chování. Každou mapovanou lokalitu teď vidíme vcelku i v detailech, jako bojiště od pohybu celých armád až po jiskru pod kopytem. V kombinaci s dalšími daty (místa zavlečení, podmínky prostředí, historie obhospodařování) je to nová metoda, jak porozumět jemným sítím dějů během invaze, jejím příčinám a následkům. Od toho se už dostáváme k pochopení celé invazní strategie. Proč asi ta lupina byla dřív neškodná a teď nás zlobí a my se musíme zlobit na ni? A co od ní můžeme na horách ještě čekat? Je to tak trochu detektivka, protože přímé a tvrdé důkazy chybějí – předem víme, že raubíř sám nám nic prozradit nedokáže.

O horskou vegetaci se tradičně pečovalo na úrovni metrů a centimetrů. Bejvávalo. Louky se ještě koncem sedmdesátých let žaly ze setrvačnosti zvyků i na nejstrmějších svazích od lesa až po hranu cesty. Dnes louky lemují buď fádní nesečené trávníky s lupinou a dalšími invazními a expanzními druhy nebo plochy porušené hrubým jednorázovým zásahem do vegetace a půdy. Luční druhy se na nich prosazují pomalu, zato pro kolonizaci lupinou je to optimální prostředí. Typicky se to děje na sjezdovkách, kde se při údržbě navážela zemina dovezená odjinud a užívaly se meliorační směsky jako opatření proti erozi. V poslední době přibývá i liniové šíření lupiny po lesních okrajích a cestách – tady už můžeme myslet i na posun v toleranci podmínek a na další radikalizaci naší modré krasavice.

Ano, horská krajina se zásadně změnila teprve s příchodem 21. století. Stalo se to náhle a od základu. A to invazní a expanzní bejlí s lupinou v čele se zkrátka veze na vlně této změny. Dnes jsou naše hory v zásadě už rekreačním příměstím, je to suburbánní krajina s velkým zázemím chráněné přírody, která rovněž slouží rekreaci. Po staletích plynulé detailní péče přišla epocha nárazové údržby; nu dobrá. Černý scénář však je, že se podmínky hřebenových Krkonoš přiblíží podmínkám v nižších nadmořských výškách, načež se tam taky dostane lupina a další podobně nezvedené druhy. Pak by bylo zle, odtud už by je asi vystrnadit nedokázal ani Krakonoš.

Co to vlastně děláme, když pronásledujeme a hubíme kytku, která ani neví, že je invazní, hezká, z Ameriky a dělá jen to, co umí? A proč k tomu užíváme slovník jak z tarantinovského filmu? Když odklízíme před domem sníh, taky na něj nadáváme, antropomorfizujeme ho a proklínáme zimu, jako by nám škodila schválně. Přitom nejde o nenávist k vločkám ani o boj s přirozeností ročních dob – sníh prostě potřebujeme dostat pryč, aby se dalo žít a chodit. Podobně je to s některými druhy v krajině: rostlina není nepřítel ani tupý materiál k ovládání, jen se v toku změn někdy ukáže jako nežádoucí hráč s nepoměrně silným účinkem. Technologie pak není náhradou za péči o krajinu, ale jedním z nástrojů, jak změny a jejich důsledky přesněji vidět – a jak je moderovat s menšími vedlejšími škodami. Cílem není „čistá původnost“ ani absence inovací; cílem je udržet fungující a druhově bohaté systémy tam, kde je společensky chceme, a omezit druhy, které by je spolehlivě převálcovaly.

1) Další spoluautoři: Michaela Vítková, Lucie Kupková, Záboj Hrázský, Petr Pyšek.

2) Společný výzkum Botanického ústavu AV ČR a Přírodovědecké fakulty UK je spolufinancován prostřednictvím Technologické agentury ČR (TAČR SS07020317) v rámci Národního plánu obnovy z

evropského Nástroje pro oživení a odolnost a dlouhodobého výzkumného projektu AV ČR (RVO 67985939). Viz https://www.eo4plantinvasions.cz/

K dalšímu čtení

Vítková M. et al.: Invazní a expanzní druhy rostlin v horské krajině-využití predikčních modelů pro nastavení ideálního přístupu k managementu. Opera Corcontica, 2023.

Kupková, L. et al.: Towards reliable monitoring of grass species in nature conservation: Evaluation of the potential of UAV and PlanetScope multi-temporal data in the Central European tundra. Remote Sensing of Environment, 2023, DOI: 10.1016/j.rse.2023.113645.

Valente, J., et al.: Mapping of Rumex obtusifolius in nature conservation areas using very high resolution UAV imagery and deep learning. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2022, DOI: 10.1016/j.jag.2022.102864.

Dron DJI Mavic 3M osazený pěticí kamer, jednou pro viditelné spektrum (RGB) a čtyřmi multispektrálními senzory. Tato konfigurace dovoluje pořizovat současně obrazová data v různých částech spektra. Deska pod ním funguje jako orientační bod nutný k tvorbě přesného ortofota.

Vlevo: výchozí ortofoto horské louky. Uprostřed: hledané druhy byly ručně obtaženy (šťovík žlutě a starček růžově) jako učební podklad pro umělou inteligenci. Vpravo: finální strojová detekce téhož porostu ukazuje, jak jsme umělou inteligenci naučili druhy rozeznávat a jak je už schopná vymapovat i jiné lokality.

Invaze vlčího bobu mnoholistého (*Lupinus polyphyllus*) na sjezdovce v Herlíkovicích pod Předním Žalým v Krkonoších. Lupina s dalšími vysokými bylinami se tam dostala výsevem meliorační směsi na erodované části a podpořila ji navážka zaplevelené zeminy z nížiny.

Šťovík alpský (*Rumex alpinus*) proniká do bludiště mokřin a kleče pod Výrovkou. Tady je nejvyšší čas zasáhnout, a přesná a detailní mapa výskytu je k tomu nezbytná.