

12 Volba statistické metody

V této krátké kapitole uvedeme některá doporučení pro volbu metody analýzy dat pro jednodušší případy. Platí, že se zřídka dva různí výzkumníci shodnou na tom, jaký přístup k datům je v dané situaci nejlepší. Zcela pedantické pozice však nejsou možné již z toho důvodu, že statistické metody jsou založeny na teoretických principech a předpokladech o rozdělení náhodných proměnných, které v reálném životě přesně nikdy neplatí – často jde o odvážné approximace.

Je vhodné rozlišit čtyři fáze statistického zpracování dat:

- 1 Počáteční manipulace s daty při jejich kontrole a opravách a přípravě pro detailní zpracování.
- 2 Předběžná a explorační analýza, v níž si vyjasňujeme formu dat a směry další analýzy. V této fázi používáme techniky explorační analýzy (viz kap. 3.8).
- 3 Konečná analýza, pomocí které získáváme konečné závěry o datech.
- 4 Prezentace závěrů přesnou a koncizní formou. Pro závěrečnou prezentaci připravujeme vhodnou popisnou statistiku, dodatečné grafy a tabulky. Provádíme přepočet některých výsledků do vhodné formy.

Rozdělení je užitečné, ale nesmí se brát příliš rigidně. Předběžná analýza může vést k výsledkům, které jsou tak průkazné, že je budeme považovat za konečné. Naopak při konečné analýze můžeme objevit nečekané diskrepance, které vyžadují změnit celou koncepci analýzy. V oblasti, v níž se opakují podobné statistické úlohy, je možné vyněchat předběžnou analýzu.

Jasná prezentace výsledků je velmi důležitá a určuje styl analýzy, který by dát přednost jednoduchým metodám, zvláště pokud budeme oslovovat širší skupiny příjemců výsledků.

Metody analýzy dat klasifikujeme několika způsoby. Za prvé, statistické metody jsou rozdělily do skupin **popisná statistika** (viz kap. 3 pro jednorozměrné hodnoty) a metody **statistického usuzování, inference** (viz kap. 5 a následující). Popisná statistika se zabývá přehledným zobrazením kvantitativních aspektů rozdělených věcných vztahů, návrhem prezentace tabulkami, grafy a různými charakteristikami získaných dat. Její metody používáme v explorační fázi nebo přípravě konečné prezentace dat. V oblasti statistického usuzování (v inferenční

statistice) jde o zobecňující posouzení pozorování a získání objektivních podkladů pro rozhodování v případě nejistoty. Získaná data se přitom porovnávají s pravděpodobnostním modelem skutečnosti.

Metody statistického usuzování v komparativních studiích lze rozdělit na metody, které se opírají o **model náhodného výběru** z populace, a metody, jež mají za základ **model randomizace** (Lubrook, Dudley 1998). Obvykle se klade důraz na model náhodného výběru, ale uplatnění modelu randomizace, jehož podstatu jsme naznačili v kapitole 9.4, je mnohdy realističejší alternativou vzhledem k tomu, že náhodné výběry jsou ve skutečném výzkumu spíše výjimkou.

Také se rozlišuje mezi analýzou řízenou modelem nebo analýzou řízenou daty. První koncept se opírá o metody statistického usuzování, druhý se navíc opírá o strategie explorační analýzy.

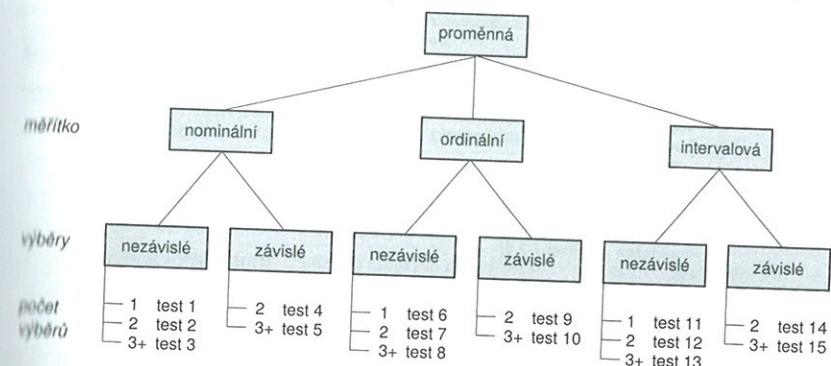
Analýza řízená modelem je založena na pravděpodobnosti a matematických modelech, které zachycují hlavní vlastnosti dat. Jakmile je specifikován model, analýza je určena tímto modelem. Dobrým příkladem je využití lineárního modelu, jenž zahrnuje lineární regresi nebo analýzu rozptylu. Validita analýzy závisí na splnění předpokladů modelu.

Také **analýza řízená daty** vychází z pravděpodobnostních modelů, které vlastně mají mnohem volnější předpoklady (např. pouze symetrie rozdělení nebo spojitost dat). Známe tři kategorie této analýzy. První zahrnuje použití metod, jež známe pod názvem **explorační metody a robustní metody**. Zachovávají si optimální vlastnosti pro několik různých tříd pravděpodobnostních modelů. Druhá kategorie se snaží získat z dat informace na základě pouze omezené množiny předpokladů. Patří do nich neparametrické metody založené na permutaci. Také zahrnuje výpočetně náročné metody jako *jackknife* nebo *bootstrap* (viz např. Sprent, 1998). Těmi jsme se v tomto textu nezabývali. Třetí kategorie využívá diagnostické prostředky k ověření a vymezení, do jaké míry je metoda založena na zvoleném modelu relevantní pro daná data.

Třetí klasifikace vychází z rozlišování **grafických a numerických technik**. Jak grafické, tak numerické metody jsou pro analýzu důležité ve všech zpracování dat. Závěrečná inferenční analýza na základě pravděpodobnostních modelů je určitě numerického charakteru, ale i v tomto případě používáme grafické zobrazení při prezentaci výsledků. Grafické metody jsou efektivní při prezentaci kvalitativních aspektů dat. Skoro vždy je však nutné podat základní výsledky numericky s vhodnými mírami jejich přesnosti. Jeden důvod, proč uvádíjí numerické charakteristiky, je ten, že budoucí výzkumníci budou muset využívat naše výsledky, např. v rámci metaanalýzy. Rekonstrukce numerických informací z publikovaných grafů by byla nepohodlná a zatížená velkou chybou.

Volbu statistické metody určuje povaha statistického problému, který má vlastnosti jednotlivých statistických metod. Ty popisují jak úkol, jenž

Obr. 12.1 Volba statistického testu pro porovnání skupin a hodnocení jedné skupiny



tab. 12.1 Označení jednotlivých testů

Test	Kapitola	Strana	Název testu
1	8.2	304	χ^2 -test dobré shody
2	8.3.1	311	χ^2 -test homogeneity
3	8.3.1	311	χ^2 -test homogeneity
4	8.3.2 a 8.3.3	318 a 321	McNemarův test, Bowkerův test
5	8.3.3	321	Q test podle Cochrana
6	6.4.2	223	znaménkový pořadový test podle Wilcoxona
7	6.4.6	229	Wilcoxonův test, Mann-Whitneuv test
8	9.1.5	348	Jockheere-Terpstra test
9	6.4.2	223	znaménkový pořadový test podle Wilcoxona
10	9.3.1	360	Friedmanův test, Pageův test
11	6.1	204	t-test pro jeden výběr, také 1 a 6
12	6.2.1-3	210-211	t-testy pro dva výběry, také 7
13	9.1	339	analýza rozptylu
14	6.2.4	214	t-test pro párové rozdíly
15	9.3	357	dvojfaktorová analýza rozptylu s opakováním měření

musí řešit, tak předpoklady její aplikace. Například pokud metoda vyžaduje kvantitativní dat, nelze ji použít při zpracování dat, která tento předpoklad nesplňují. Několika tabulek přehledně roztrídíme metody tak, aby bylo patrné, pro které je určen a pro jaká data jsou vhodné. Všechny metody, jež takto klasifikujeme, uvedeme v tomto textu. Proto uvádíme v tabulce číslo příslušné kapitoly.

Tab. 12.2 Hodnocení vztahu proměnných – rozhodovací tabulka pro výběr metody nebo statistického testu

Jedna z proměnných						
Druhá z proměnných	spojitá (normální)	spojitá (ne normální)	ordinální pořadová	ordinální kategorialní	nominální	dichotomická
spojitá (normální)	regrese, korelace (kap. 7)					
spojitá (ne normální)	regrese, pořadová korelace podle Spearmana (kap. 7, 7.2.6)	pořadová korelace podle Spearmana (kap. 7.2.6)				
ordinální pořadová	pořadová korelace podle Spearmana (kap. 7.2.6)	pořadová korelace podle Spearmana	pořadová korelace podle Spearmana			
ordinální kategorialní	Kendallův koeficient korelace (kap. 7.2.7)	Kendallův koeficient korelace	Kendallův koeficient korelace	Kendallův koeficient korelace		
nominální	analýza rozptylu (kap. 9.1)	test Kruskalla a Wallise (kap. 9.1.4)	test Kruskalla a Wallise	χ^2 -test (kap. 8.3.1), Fisherův přesný test (kap. 8.3.1)	přesný Fisherův test, nebo χ^2 -test pro kontingenční tabulku	χ^2 -test, Fisherův přesný test
dichotomická	t -test (kap. 6.2), z -test (kap. 6.2)	z-test pro velké výběry (kap. 6.2.1), Wilcoxonův test (kap. 6.4.6)	Wilcoxonův test (kap. 6.4.6)	přesný Wilcoxonův test, χ^2 -test trendu v kontingenční tabulce	χ^2 -test, Fisherův přesný test	χ^2 -test, Fisherův přesný test

Musíme si uvědomit, že pro daný problém můžeme skoro vždy použít nějaký přístup. Například data s určitou úrovní měřítka lze hodnotit také metodami, které byly vyvinuty pro měřítko nižší úrovně.

Uvádíme orientační doporučení pro volbu statistického testu (obr. 12.1) (tab. 12.1). Doporučení se týkají posuzování rozdělení náhodných proměnných a jejich středních hodnot ve třech situacích, které se v praxi často vyskytují v souvislosti se statistickým usuzováním:

- porovnání výběru s teoretickými předpoklady,
- porovnání dvou závislých nebo nezávislých výběrů,
- porovnání více než dvou závislých nebo nezávislých výběrů.

Metodu identifikujeme většinou označením příslušného statistického testu, znamená určité zjednodušení pohledu. V konkrétní statistické analýze k tomu

Tab. 12.3 Hodnocení vztahů proměnných – přehled koeficientů pro měření asociace a shody

Spojité proměnné		
Pearsonův korelační koeficient r	pro spojité proměnné v lineárním vztahu	kap. 7.2.1
korelance determinance	$100r^2$, procento vysvětlené variability	kap. 7.3.1
bodové biseriální koeficient r_{pb}	pro spojitu a binární proměnnou	kap. 7.2.8
parciální korelace	zohlednění rušivého vlivu třetí proměnné	kap. 7.2.4 a 10.1
semiparciální korelace	zohlednění rušivého vlivu třetí proměnné	kap. 10.1
monohonásobná korelace	možnost predikce více proměnnými	kap. 10.1
Linnův koeficient konkordance	shoda spojitých proměnných	kap. 7.3.7
Ordinální proměnné *		
Kendallův korelační koeficient t_k''	také pro nelineární asociaci spojitých proměnných	kap. 7.2.7
Kendallův koeficient $tau-b$	upravený t_k pro shodné hodnoty	kap. 7.2.7
pearmanova korelace r_s''	také pro nelineární asociaci spojitých proměnných	kap. 7.2.6
Kendallův koeficient konkordance	shoda k pozorovatelů (ordinální klasifikace)	kap. 9.3.3
odlikovaný kappa koeficient	shoda dvou pozorovatelů (ordinální klasifikace)	kap. 8.3.4
Nominální proměnné		
Pearsonův C_{kor} koeficient	závislost v kontingenční $r \times s$ tabulce	kap. 8.3.1
číslovo V	závislost v kontingenční $r \times s$ tabulce	kap. 8.3.1
Edman-Kruskalův koeficient y	závislost v ordinální kontingenční čtvercové tabulce	kap. 8.4
Kendallův koeficient $tau-c$	závislost v ordinální kontingenční $r \times s$ tabulce	kap. 8.4
číslovo Q	závislost v tabulce 2×2	kap. 8.3.1
koeficient ϕ	závislost v tabulce 2×2	kap. 8.3.1
omega koeficient	shoda dvou pozorovatelů (nominální klasifikace)	kap. 8.3.4

*také pro spojité proměnné, ale nelineární vztahy

†také definovat parciální koeficienty korelace pomocí stejných vzorců jako pro r

u patří použití dalších relevantních statistických technik popisné a inferenční (např. grafy, tabulky, popisné charakteristiky, intervaly spolehlivosti). Uvedené tabulky jsou určeny především pro základní orientaci. Jaké typy a statistických testů lze použít při kombinaci různých typů proměnných, je uvedeno tabulka 12.2.

Tabulka 12.3 obsahuje přehled korelačních koeficientů a koeficientů pro posuzování asociace nebo shody kategoriálních proměnných. Doplňuje možnosti

analýzy dat uvedené v tabulce 12.2. Další přístupy, s nimiž se seznámíme v kapitole o vícerozměrné analýze, představují velké rozšíření arzenálu prostředků jak pro explorační, tak pro konfirmacní analýzu dat. Vícerozměrné metody pomáhají jednak řešit nové typy statistických problémů, ale také je můžeme využít ve standardních úlohách jednoduché analýzy. Popsali jsme, jak analýzou vhodně sestaveného lineárního modelu nahrazujeme analýzu rozptylu a běžné *t*-testy. Logistická regrese je užitečná pro analýzu vztahu mezi binární proměnnou a spojitém nebo kvalitativním prediktorem (kap. 13.2). Prediktorů může být více. Jestliže na straně závisle proměnných se vyskytuje polytomická proměnná nebo ordinální kategoriální proměnná, lze pro analýzu vztahu použít několik základních logistických regres. V případě, že analyzujeme data v souvislosti s údaji o historii nějaké události, uplatníme Coxův regresní model (kap. 13.5).

Souhrn

Při rozhodování o způsobu statistické analýzy a v jejím průběhu a při diskusi získaných výsledků doporučujeme držet se těchto deseti pravidel:

1. Musíme se vždy důkladně seznámit se svými daty. Tím se vyvarujeme základních chyb v celém postupu statistické analýzy. Měli bychom vědět, jaká měřítka používají jednotlivé proměnné, a rozsahy jejich hodnot. S daty seznámíme dobře například tak, že jsme přítomní u jejich sběru.
2. Provádíme explorační analýzu. Tu realizujeme pomocí grafických metod, tabulek a speciálních technik. Takovou analýzu provádíme na začátku i na konci práce s daty. Na začátku se seznamujeme s rozložením proměnných. Na konci se pokoušíme podpořit naše tvrzení pomocí alternativních způsobů analýzy. Také se pokoušíme nalézt v datech zajímavé struktury, které mohly být impulzem pro další sběr dat a zkoumání.
3. Obrázky a grafy mají mnohdy větší informační hodnotu než čísla. Vizuální prezentace dat často odhalí jejich nové významy a důsledky pro vaše zájmy lépe než řady numerických charakteristik.
4. Doporučuje se uvažovat replikaci výzkumu. Je nutné opakovat zajímavé statistické výsledky na nových datech. Mnoho výsledků nebylo nikdy reproducováno, přestože jsou využívány v praxi. Opakování takových výsledků je užitečnější než triviální studie na nové téma.
5. Rozlišujeme mezi statistickou významností a věcnou (klinickou) významností. V poslední době se zpochybňuje význam používání *p*-hodnot, jelikož jejich vztah k věcné významnosti je pouze zprostředkován. Také plánovaná studie, která neobsahuje statisticky významné výsledky, nemusí být

veřejně významná svým přínosem k poznání. Při statistické analýze máme používat intervaly spolehlivosti a míry velikosti účinku.

6. Statistické charakteristiky nejsou srozumitelně samy o sobě. V současné době vyprodukuje řady statistických tabulek každý, kdo umí pracovat se statistickým programem. Je povinností výzkumníka, aby provedl čtenáře získanými výsledky. Výzkumník ukazuje čtenáři, které výsledky podporují jeho hypotézy, a které naopak nikoliv. Výzkumník se také snaží propojit své závěry s teoretickými a aplikovanými otázkami.
7. Při interpretaci se ptáme, která část studie byla explorační a která inferenční. Statisticky významné výsledky získané v explorační části posuzujeme mnohem obezřetněji, mají provizorní charakter. Při velkém počtu bodů významnosti upravujeme jejich hladinu významnosti. Snažíme se o jednoduchost analýzy i prezentace. Komplexní statistické výpočty se často používají k zakrytí nedostatku plánu sběru dat a málo propracovaných zájmu studie.
8. Využíváme konzultací statistiků. Vybíráme si vhodné odborníky. Oblast statistiky je nepřehledně široká, podobně jako ostatní oblasti vědy. Také mezi statistiky existují specialisté pouze pro příslušnou podoblast. Samozřejmě nemusíme konzultovat jenom statistika, ale třeba i zkušeného výzkumníka, který si osvojil schopnosti používat statistiku pro porozumění datům.
9. Nečekejme od naší studie příliš mnoho. Během výzkumu jsme museli překonat množství překážek. Rozsah výběru nebyl pravděpodobně zcela dostatečný a použité míry neměly dokonalou validitu. Také se stává, že příliš věříme teoretickým argumentům. Obvykle se však potvrdí jenom některé hypotézy, jejichž platnost jsme předpokládali na začátku studie. Přesto je naše studie příspěvkem pro vědu. Pečlivá dokumentace všech pozitivních i negativních výsledků, slabých a silných míst studie povede k návrhu nových nápadů a zajímavých výzkumů.