

Geautomatiseerde waarderingsmodellen

Verkenning implementatie taxatie-expertise in geautomatiseerde waarderingsmodellen in Nederland

De huidige ontwikkelingen op het gebied van geautomatiseerde waarderingsmodellen binnen de vastgoedtaxatiepraktijk zijn voornamelijk niet transparant genoeg om de traditionele taxateur te vervangen. Hybride benaderingen – waarbij mens en machine samenwerken – worden steeds vaker gebruikt en lijken de consistentie, en daardoor de kwaliteit, van waarderingsmodellen te verbeteren. Het doel van dit artikel is als volgt: 1) het toelichten van de huidige vastgoedtaxatiepraktijk en waarom ‘automated valuation models’ (AVMs) in overeenstemming met huidige wet- en regelgeving niet een substituuft vormen voor traditionele waarderingsmethoden, maar complementair zijn aan de registertaxateur; 2) Het ontwikkelen van een AVM op basis van de expertise van registertaxateurs om de uitlegbaarheid te verhogen en vervolgens de prestatie van de taxateur-gebaseerde AVM te vergelijken met bestaande AVMs. We gebruiken hiervoor data met betrekking tot ‘buy-to-let’-woningen in Nederland.

Daan van der Hoeven en Mark van Duijn

INTRODUCTIE

De huidige vastgoedtaxatiepraktijk en het daarbij behorend beleid in Nederland lijken nog niet gereed om volledig over te stappen op geautomatiseerde waarderingsmodellen (AVMs). In de European Valuation Standards (TEGoVA, 2020, p. 296) staat beschreven dat: *“When valuing the property, valuers can only use the output from the AVM as one possible element in their considerations of indications of value.”* Recente onderzoeken laten zien dat AVMs de potentie hebben om traditionele waarderingsmethoden na te bootsen en de productiviteit van vastgoedtaxateurs te verhogen. Gegeven het juridisch kader observeren we dat mens en machine steeds vaker samenwerken om tot een waardebeoordeling te komen waarbij de verwachting is dat het verschil tussen de waardebeoordeling en de daadwerkelijke marktwaarde dichterbij elkaar komen en de standaard foutmarges steeds kleiner worden. In jaargang 20 nummer 2 van Real Estate Research Quarterly wordt de waardering en taxaties van vastgoed vanuit verschillende perspectieven belicht waarbij de rol van AVMs wordt bediscussieerd (Hilgers et al., 2021; Hordijk, 2021; Kroon & Francke, 2021). Als aanvulling op dit thema

beschrijven we eerst de vastgoedtaxatiepraktijk en de rol van geautomatiseerde waarderingsmodellen. Vervolgens ontwikkelen we een taxateur-gebaseerde AVM waarin de input van de taxateur centraal staat om marktwaardes te bepalen. De taxateur heeft met deze AVM de mogelijkheid om monotone beperkingen op te leggen wat de uitlegbaarheid van het AVM zou moeten vergroten (Gupta et al., 2018). We vergelijken deze AVM met bestaande methoden om zodoende de prestatie van de taxateur-gebaseerde AVM met monotone beperkingen tegen het licht te houden. We gebruiken hiervoor data met betrekking tot ‘buy-to-let’-woningen in Nederland.

DE ROL VAN GEAUTOMATISEERDE WAARDERINGSMODELLEN IN DE VASTGOEDTAXATIEPRAKTIJK

Door het fungeren als surrogaat voor transactieprijzen zijn professionele taxaties belangrijk voor diverse doeleinden in de vastgoedmarkt, waaronder interne prestatiemeting, acquisitie en verkoop (McAllister et al., 2003). Professionele taxaties worden in Nederland uitgevoerd door registertaxateurs en zijn gebonden aan stan-

daarden in overeenstemming met de European (EVS; TEGoVA, 2020) en International Valuation Standards (IVS; IVSC, 2019). Centraal binnen deze standaarden zijn het risico en de aansprakelijkheid geassocieerd met waarderingen en de verantwoordelijkheid van de registertaxateur binnen deze waarderingen (RICS, 2018).

Gegeven de verantwoordelijkheid van de registertaxateur in het uitvoeren van professionele taxaties bestaan er opvallende verschillen tussen taxatie- en transactiewaarden. Morgan Stanley Capital International (MSCI; Ganesan et al., 2021) rapporteert bijvoorbeeld een gewogen gemiddeld absoluut verschil tussen taxatie- en transactiewaarden in Nederland van 10,9 procent in 2020. Drie potentiële redenen hiervoor zijn (1) het verankeringseffect, (2) verschillen tussen taxateurs en hun werkwijze en (3) invloeden vanuit opdrachtgevers. Het verankeringseffect houdt in dat taxateurs vasthouden aan eerder getaxeerde waarden ook al hoeven deze niet de huidige waarde te reflecteren (Clayton et al., 2001). Wat betreft verschillen tussen taxateurs en hun werkwijze wordt verwezen naar het Maatmancriterium (meer hierover later) en met name de discretionaire ruimte van de taxateur is van belang (Tacoma, 2021). Door verschil in interpretatie kunnen taxateurs, zelfs op basis van dezelfde feiten, tot een ander waardeoordeel komen. Met betrekking tot invloeden vanuit opdrachtgevers vinden Crosby et al. (2018) significante verschillen in taxatiewaarden met verschillende belangen van opdrachtgevers. Crosby et al. (2018) laten zien dat opdrachtgevers, met een belang om activa niet in waarde te laten dalen, hogere kapitaalrendementen behaalden gedurende neerwaartse marktontwikkelingen, zoals in 2007-2008, dan opdrachtgevers met een belang om activa te laten dalen met dezelfde ontwikkelingen. Deze resultaten zijn afhankelijk van omstandigheden (e.g. marktcontext, belang bij de waardering) maar tonen wel een potentieel risico van traditionele waarderingmethoden.

Doordat AVMs niet worden beïnvloed door de risico's geassocieerd met traditionele waarderingmethoden zijn de waardebeoordelingen door AVMs

onafhankelijk en gestandaardiseerd (Mooya, 2011). Zoals omschreven in Scheurwater (2017) hangt de kracht van AVMs echter af van de beschikbaarheid en kwaliteit van data en de homogeniteit van het segment waarvoor AVMs worden ontwikkeld. Het potentieel om AVMs toe te passen binnen het vastgoedsegment buy-to-let woningen is daardoor hoog door de relatief grote beschikbaarheid en kwaliteit van data.

Een belangrijk probleem met betrekking tot AVMs is dat het juridisch onduidelijk is wie aansprakelijk wordt gesteld wanneer aanzienlijke verliezen worden geleden door opdrachtgevers en derden die keuzes maken op basis van waardebeoordelingen door AVMs (RICS, 2021). Wanneer aanzienlijke verliezen worden geleden door opdrachtgevers en derden van professionele taxaties is het mogelijk om een procedure bij een tuchtrechtelijk college te starten.¹ Binnen het Nederlandse tuchtrecht op het gebied van vastgoedtaxaties wordt de standaardoverweging van het maatmancriterium gehanteerd. Het maatmancriterium luidt *“of bij de totstandkoming van het taxatierapport en bij de uitgangspunten die zij daarbij heeft gehanteerd zorgvuldigheid heeft betracht die van een redelijk bekwaam redelijk handelend vakgenoot mag worden verwacht”* (Tacoma, 2021, p. 1). Dit criterium stelt dus dat de vastgestelde waarde niet het kernpunt is, maar of de taxateur door middel van redelijk en bekwaam handelen tot de afgegeven waarde heeft kunnen komen. Het maatmancriterium vindt zijn uiting binnen drie onderdelen van het taxatieproces (Tacoma, 2021):

1) Er wordt een belangrijke afbakening van de verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid van de taxateur vastgesteld binnen de tussen opdrachtnemer (de taxateur) en opdrachtgever (de klant) overeengekomen opdrachtbevestiging (Tacoma, 2019). Een direct gevolg is dat bij een eventueel conflict over de taxatie allereerst wordt gekeken naar wat overeen is gekomen binnen de opdrachtbevestiging. Als overeengekomen onderdelen ontbreken in het aangeleverde taxatierapport kan de taxateur door tekortkoming aansprakelijk worden gesteld.

2) Er is het verplichte feitenonderzoek dat moet worden vastgelegd en omschreven in het taxatierapport (zie de praktijkhandreikingen opgenomen in NRVt (2022)). Voorbeelden hiervan zijn de inspectie van het object, het beoordelen van bijbehorende stukken (huurovereenkomsten, plattegrondtekeningen, etc.) en het titelonderzoek.

3) De “discretionaire ruimte” van de taxateur (Tacoma, 2021). Op basis van de opdrachtomschrijving en feitelijke gegevens komt de taxateur tot een weloverwogen waardeoordeel. Belangrijk hierbij is dat gemaakte keuzes binnen deze ruimte goed worden onderbouwd en toegelicht.

Het maatman criterium kijkt dus of binnen de kaders van de opdrachtbevestiging (1) en gedegen feitenonderzoek (2) een weloverwogen waardeoordeel is gegeven met voldoende onderbouwing en toelichting door de taxateur (3). Hierin staat de controleer- en aanvaardbaarheid van de taxatie centraal, zoals in een recentelijk vonnis van de Hoge Raad (2020) naar voren komt. Ook in de reglementen en praktijkhandreikingen van de NRVt (2022) blijft het maatman criterium de standaardoverweging binnen het vraagstuk in hoeverre de taxateur aansprakelijk kan worden gesteld voor de vastgestelde waarde.

Om AVMs toe te kunnen passen is het dus van belang dat de taxateur niet tekortkomt in de onderbouwing en toelichting op de diverse onderdelen van het taxatieproces. Zoals omschreven in RICS (2021) is het van belang dat de waardebepalingen door AVMs transparant en uitlegbaar zijn. De taxateur is dus benodigd voor de opname, de inspectie, het beoordelen van de waardebepaling als valide en plausibel en om argumentatie over de totstandkoming van de waarde te bieden aan opdrachtgevers.² Binnen de huidige wet- en regelgeving kunnen AVMs dus complementaire voordelen aan de taxateur bieden door het geven van onafhankelijke, efficiënte en nauwkeurige waardebepalingen (Scheurwater, 2017; Schulz et al., 2014).

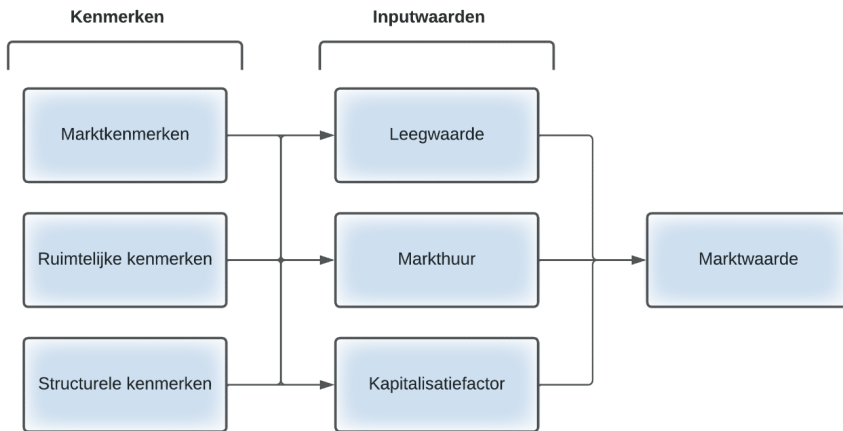
NAAR EEN TAXATEUR-GEBASEERDE AVM

Methodologie

Het bepalen van de marktwaarde is het hoofddoel van commerciële vastgoedwaarderingen. Registratortaxateurs gebruiken verschillende methoden om de marktwaarde van vastgoedobjecten te bepalen, samengevat onder de inkomstenbenadering, comparatieve benadering en de kostenbenadering. Hoewel methoden binnen alle drie de categorieën geschikt zijn om marktwaarde te bepalen belichten we in dit artikel de automatisering van de inkomstenbenadering met betrekking tot ‘buy-to-let’-woningen in Nederland. Figuur 1 toont dat op basis van de markt-, ruimtelijke en structurele kenmerken van de ‘buy-to-let’-woningen de markthuur, kapitalisatiefactor en leegwaarde worden geschat. Deze gegevens stellen de taxateur in staat om de marktwaarde en andere relevante ratio's (marktwaarde/leegwaarde, markthuur/leegwaarde) te bepalen. Als eerste kan men de marktwaarde bepalen door schattingen van markthuur en kapitalisatiefactor te vermenigvuldigen. Als de markthuur en kapitalisatiefactor kunnen worden geschat, wordt vervolgens de leegwaarde gebruikt als een vergelijkende maatstaf om de bepaalde marktwaarde te beoordelen. Om allerlei redenen kan het voor de taxateur moeilijk zijn om bepaalde inputwaarden, zoals de kapitalisatiefactor, te schatten. De verhouding markthuur/leegwaarde kan dan als alternatief worden gebruikt om de kapitalisatiefactor te benaderen en daarmee kan dan vervolgens een marktwaarde worden bepaald. In de praktijk worden dus allerlei relevante ratio's (marktwaarde/leegwaarde, markthuur/leegwaarde) berekend om zo de betrouwbaarheid van de bepaalde marktwaarde te beoordelen.

Volgens RICS (2021) is het van belang dat de waardebepalingen door AVMs transparant en uitlegbaar zijn. We stellen voor om de expertise van de registratortaxateurs te verwerken in een AVM. Dit doen we door monotone beperkingen op te leggen voor verscheidene parameters van kenmerken die worden gebruikt door het AVM. We combineren het XGB-algoritme met monotone beperkingen opgelegd door de taxateur (extreme gradient

FIGUUR 1 ▶ RELATIES TUSSEN KENMERKEN, INPUTWAARDEN EN MARKTWAARDE



boosting with monotonic constraints; XGBMC). Monotone beperkingen worden globaal als volgt weergegeven:

Positief monotoon -

$$\text{Voor alle } x_{i,2} \geq x_{i,1}, MW(x_{i,2}) \geq MW(x_{i,1}) \quad (1)$$

Negatief monotoon -

$$\text{Voor alle } x_{i,2} \geq x_{i,1}, MW(x_{i,2}) \leq MW(x_{i,1}) \quad (2)$$

De geschatte parameters voor kenmerken x_i die uiteindelijk de marktwaarde MW bepalen zijn niet-afnemend in Eq. (1) – en niet-toenemend in Eq. (2) – met toenemende waarden van monotoon beperkte parameters van kenmerken x_i . Monotone beperkingen zorgen ervoor dat de parameters van relevante kenmerken allemaal het juiste teken hebben. Dit verhoogt de uitlegbaarheid van het taxateur-gebaseerde AVM (Gupta et al., 2018). De taxateur kan dus zelf de monotone

TABEL 1 ▶ MONOTONE BEPERKINGEN PER INPUTWAARDE EN KENMERK

Kenmerk	Monotone beperking (kapitalisatiefactor)	Monotone beperking (markthuur)	Monotone beperking (leegwaarde)
Aantal kamers	-	Positief	Positief
Aantal units	Positief	-	-
Afstand tot voorzieningen	Negatief	Negatief	Negatief
Dagen op de markt	-	Negatief	Negatief
Energielabel	Positief	Positief	Positief
Gebruiksoppervlakte	-	Negatief	Negatief
Inwoners gemeente	Positief	Positief	Positief
Leefbaarometer	Positief	Positief	Positief
Objectinhoud	-	Positief	Positief
Walk Score	Positief	Positief	Positief

Tabel 1 geeft de monotone beperkingen (positief/negatief/-) per inputwaarde en kenmerk weer. Monotone beperkingen zijn overwogen en ontwikkeld op basis van de expertise van registertaxateurs bij Envalue, een taxatiekantoor. Aantal kamers is gemeten als het aantal slaapkamers en overige kamers. Afstand tot voorzieningen omvat de afstanden tot elf voorzieningen overwogen binnen dit artikel. Voor meer informatie, zie Van der Hoeven (2022).

bepalingen opleggen en naar eigen inzicht bepalen welke kenmerken monotoon worden beperkt. Tabel 1 toont een voorbeeld van welke monotone beperkingen worden opgelegd voor tien kenmerken bepaald door de expertise van register-taxateurs bij Envalue, een taxatiekantoor. Deze beperkingen worden opgelegd in het taxateur-gebaseerde AVM waarvan we de prestaties beoordelen in Sectie 4. Eén van de limitaties van het opleggen van monotone beperkingen is dat parameters van bepaalde kenmerken niet geschikt zijn om monotoon te beperken, bijvoorbeeld kenmerken met een kwadratische relatie of categorische kenmerken. Een andere beperking is dat het monotoon beperken van parameters van endogene variabelen de prestatie van de AVM kunnen verminderen.³ Monotone beperkingen fungeren als regularisatie, met stabiele modelresultaten en betere generalisatie als gevolg (You et al., 2017). Of het taxateur-gebaseerde AVM ook daadwerkelijk beter presteert dan andere methoden is echter een empirische vraag die in Sectie 4 zal worden beantwoord.

Voor het bepalen van de drie inputwaarden vergelijken we ons taxateur-gebaseerde AVM met bestaande AVMs: Non-parametrische random fo-

rest (RF), gradient boosting (GB), extreme gradient boosting (XGB) en een hybride model bestaande uit een hedonisch prijsmodel (HPM) met een iteratieve XGB-schattingsprocedure.

Data

Voor het vergelijken van genoemde methodologieën zijn Nederlandse buy-to-let-transactiegegevens verkregen van Envalue, een taxatiekantoor. De transactiegegevens zijn opgedeeld in drie datasets, bestaande uit leegwaarde, markthuur en verhuurde woningtransacties (met bijbehorende kapitalisatiefactoren). Tabel 2 vat de datasets samen en uitgebreide beschrijvende statistieken zijn opgenomen in Appendix A. Los van de initiële kenmerken worden transacties in iedere dataset uitgebreid met gegevens uit openbare databronnen zoals Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG), EP-Online, Publieke Dienstverlening Op de Kaart (PDOK), Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en Walkscore door middel van application programming interfaces (APIs). Om outliers binnen iedere dataset te analyseren is onder andere een isolation forest (IF) toegepast, een algoritme voor het detecteren van anomalieën (Liu et al., 2008; Steurer et al., 2021).⁴

TABEL 2 ► TRANSACTIEDATASETS

	Leegwaarde	Markthuur	Kapitalisatiefactor
Geschatte waarde	Transactieprijs per vierkante meter	Huurprijs per vierkante meter	Kapitalisatiefactor
Periode	2021	2021	2019-2021
Initiële kenmerken	11	10	7
API-kenmerken	19	19	19
Totaal kenmerken	30	29	26
Observaties	17132	3337	459

Tabel 2 geeft de globale kenmerken per inputwaarde weer. Initiële kenmerken per transactie verkregen van Envalue, een taxatiekantoor, zijn verrijkt met openbare gegevens door middel van application programming interfaces (APIs). De beschrijvende statistieken zijn te vinden in Appendix A.

RESULTATEN

Het taxateur-gebaseerde AVM wordt vergeleken met andere AVMs op basis van nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en uitlegbaarheid. De gemiddelde nauwkeurigheid wordt gemeten aan de hand van de 'log median prediction error' (LMDPE). Absolute nauwkeurigheid wordt gemeten aan de hand van de 'max-min mean absolute prediction error' (mmMAPE). Om grotere schattingsfouten zwaarder te straffen wordt de 'root mean squared error' (RMSE) opgenomen. Betrouwbaarheid wordt gemeten aan de hand van de spreiding van iedere maatstaf binnen de cross validation trainingsprocedure.⁵ Tabel 3 toont de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van het taxateur-gebaseerde AVM (XGBMC) en het best presterende AVM. Deze resultaten laten zien dat het taxateur-gebaseerde AVM niet veel onderdoet voor het best presterende AVM. Door het monotoon beperken van de parameters van verschillende kenmerken observeren we dat het taxateur-gebaseerde AVM door deze beperkingen minder goed presteert dan bijvoorbeeld de Gradient Boosting (GB) en Extreme Gradient Boosting (XGB) methodes zonder beperkingen. Daarentegen kan de taxateur de resultaten van het taxateur-gebaseerde AVM wel beter duiden dan de best presterende modellen. Verder vinden we dat de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid beter zijn met meer transactiedata.

De inputwaarde voor de leegwaarde wordt nauwkeuriger en betrouwbaarder geschat dan de inputwaardes van de markthuur en kapitalisatiefactor. Dit is in overeenstemming met de bestaande literatuur (Hilgers et al., 2021; Steuer et al., 2021).

De uitlegbaarheid van iedere methodologie wordt vergeleken door middel van inzichten uit interpreteerbare 'machine learning', waar uitlegbaarheid wordt omschreven als "given a certain audience, explainability refers to the details and reasons a model gives to make its functioning clear or easy to understand" (Arrieta et al., 2020: 85). Arrieta et al. (2020) hanteert daarbij drie criteria: i) algoritmische transparantie, ii) ontbindbaarheid en iii) simuleerbaarheid. In onze casestudie bestaat het publiek uit zowel registertaxateurs als hun respectievelijke klanten. Uitlegbaarheid omvat in deze context hoe goed taxateurs de waardebepalingen van een AVM kunnen uitleggen aan opdrachtgevers. Op basis van de drie criteria van Arrieta et al. (2020) concluderen we dat een hedonische prijsmodel in zijn meest eenvoudige vorm aan alle drie de onderdelen van uitlegbaarheid voldoet. Het taxateur-gebaseerde AVM voldoet, in tegenstelling tot de overige AVMs in dit artikel, gedeeltelijk aan algoritmische transparantie door de semantische betekenis van monotone beperkingen in hoe monotoon beperkte parameters van kenmerken

TABEL 3 ► BEST PRESTERENDE MODELLEN PER MAATSTAF EN INPUTWAARDE

	Leegwaarde (N=17.132)		Markthuur (N=3.337)		Kapitalisatiefactor (N=459)	
Geschatte waarde	Transactieprijs per vierkante meter		Huurprijs per vierkante meter		Kapitalisatiefactor	
LMDPE	XGB	-0.008 (0.0004)	GB	-0.012 (0.0011)	GB	-0.026 (0.0052)
	XGBMC	-0.009 (0.0004)	XGBMC	-0.015 (0.0010)	XGBMC	-0.041 (0.0053)
mmMAPE	GB	0.117 (0.0010)	GB	0.129 (0.0010)	XGB	0.165 (0.0070)
	XGBMC	0.119 (0.0010)	XGBMC	0.133 (0.0010)	XGBMC	0.167 (0.0070)
RMSE	GB	558.984 (0.0010)	GB	2.691 (0.0010)	XGB	6.132 (0.0070)
	XGBMC	567.947 (0.0010)	XGBMC	2.759 (0.0010)	XGBMC	6.203 (0.0070)

Tabel 3 geeft de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid (standaardfouten staan tussen haakjes) van de inputwaarden en enkele maatstaven. Andere maatstaven zijn ook gebruikt en laten hetzelfde beeld zien. Het best presterende model is vergeleken met het taxateur-gebaseerde AVM (XGBMC). Per cross validation-iteratie wordt een standaardfout berekend voor iedere maatstaf; weergegeven maatstaven zijn gemiddelden over dertig cross validation-iteraties. Deze procedure is vergelijkbaar met de 'conformal prediction interval' in Schulz et al. (2014), de Diebold-Mariano-teststatistiek in Hinrichs et al. (2021) en bootstrap resampling in Krause et al. (2020).

bijdragen aan de waardebepaling. Taxateurs zijn daardoor beter in staat om een waardebepaling die door het taxateur-gebaseerde AVM tot stand is gekomen te duiden ten opzichte van andere AVMs. Deze duiding is cruciaal want de taxateur behoort door middel van redelijk en bekwaam handelen tot de afgegeven waarde te komen zoals staat beschreven in Sectie 2 waarin wordt verwezen naar het Maatmancriterium

CONCLUSIE

Dit artikel heeft de huidige vastgoedtaxatiepraktijk met betrekking tot 'automated valuation models' (AVMs) beschreven binnen de Nederlandse context. We observeren dat naast de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van een vastgoedtaxatie juist de uitlegbaarheid extra aandacht vereist. Als contributie hebben we een AVM ontwikkeld op basis van de expertise van registertaxateurs om de uitlegbaarheid te verhogen. We gebruiken hiervoor data met betrekking tot buy-to-let-woningen in Nederland. De resultaten hebben we vervolgens vergeleken met bestaande AVMs.

Het taxateur-gebaseerde AVM is ontwikkeld op basis van de expertise van registertaxateurs, extreme gradient boosting met monotone beperkingen (XGBMC), en vergeleken met bestaande AVMs. Deze AVMs schatten drie inputwaarden van buy-to-let-woningen die gebruikt worden om de marktwaarde te bepalen: markthuur, kapitalisatiefactor en leegwaarde. Het taxateur-gebaseerde AVM is vergeleken met bestaande AVMs op basis van nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en uitlegbaarheid. Een aantal conclusies kunnen hieruit worden getrokken:

1) De nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van iedere AVM verschilt per inputwaarde en maatstaf, maar de verschillen zijn klein. De resultaten met betrekking tot de leegwaarde zijn nauwkeuriger en betrouwbaarder dan de resultaten van de markthuur en kapitalisatiefactor door de hoeveelheid observaties. Logischerwijs neemt de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid toe wanneer meer data beschikbaar zijn.

2) Het taxateur-gebaseerde AVM is minder nauwkeurig dan de GB en XGB AVMs (de AVMs zonder beperkingen) maar de verschillen zijn klein. De betrouwbaarheid van de verschillende AVMs zijn nagenoeg hetzelfde door het gebruik van gebalanceerde transactiedata voor iedere inputwaarde.

3) De uitlegbaarheid van de taxateur-gebaseerde AVM is hoger dan de andere AVMs (zonder beperkingen). Dit baseren we op de criteria omschreven in Arrieta et al. (2020). Door het monotoon beperken van parameters van verschillende kenmerken zijn de resultaten uit het taxateur-gebaseerde AVM minder een 'black box' dan de andere AVMs. Onze aanbeveling is daarom ook om de gebruikte algoritmes openbaar beschikbaar te stellen zodat men kan werken naar een standaardisatie binnen de vastgoedtaxatiepraktijk.

Desalniettemin lijkt het ons niet waarschijnlijk – zoals ook beargumenteerd in Scheurwater (2017) – dat AVMs traditionele waarderingsmethoden in de nabije toekomst zullen substitueren. Huidige wet- en regelgeving op het gebied van taxaties vereisen een fysieke opname en inspectie van het vastgoedobject en een validiteits- en plausibiliteitstoets die door een registertaxateur dienen te worden uitgevoerd. Om AVMs in deze context toe te kunnen passen is het van belang dat de registertaxateur niet tekortkomt in de onderbouwing van de waardebepaling. AVMs bieden in de huidige taxatiepraktijk daarom een waardevol complementair middel aan de taxateur door het geven van onafhankelijke, efficiënte, en nauwkeurige waarde-bepalingen. Versoepelingen binnen de standaarden van de European (EVS; TEGoVA, 2020) en International Valuation Standards (IVS; IVSC, 2019) zijn nodig om verandering teweeg te brengen.

Voor toekomstig onderzoek is het essentieel dat AVMs onder een vergrootglas blijven in termen van het accuraat bepalen van de marktwaarde – en onderliggende inputwaarden – voor elk vastgoedsegment en het verkleinen van de standaardfouten van deze schattingen. Met name dat laatste is van belang en onderbelicht in de recente literatuur over AVMs.

OVER DE AUTEURS

Daan van der Hoeven MSc. is taxateur en product owner bij Envalue waar hij zich specialiseert in AVMs en verdere automatisering van het vastgoedtaxatieproces. Van der Hoeven rondde in 2022 zijn masterscriptie af voor de opleiding MSc. Real Estate Studies, Rijksuniversiteit Groningen, waarbij hij onderzoek deed naar de potentie van taxateur-gebaseerde AVMs.

Dr. Mark van Duijn is universitair docent woningmarkt en vastgoed, afdeling Economische Geografie, Rijksuniversiteit Groningen, coördinator MSc. Real Estate Studies en bestuurslid RSA Nederland.

Dit artikel is een beknopte versie van de scriptie van Van der Hoeven (2022). We bedanken Envalue voor het beschikbaar stellen van de data, prof. dr. ir. Arno van der Vlist, mr. Onno Tacoma MRE MRICS, ing. Wessel van Loon MSc. MRICS RT voor hun discussies over en commentaar op eerdere versies van de scriptie, de editor en de anonieme beoordelaars voor hun commentaar en suggesties op een eerdere versie van dit artikel

VOETNOTEN

- 1 Zie Tacoma (2018) voor meer details over tuchtrechtelijke procedures.
- 2 Voor meer informatie over de rol van de plausibiliteitstoets binnen vastgoedtaxaties wordt verwezen naar Tacoma (2017).
- 3 Argumentatie voor het monotoon beperken van parameters van de verschillende kenmerken en de daarbij behorende mogelijke problemen en limitaties kan men vinden in Van der Hoeven (2022).
- 4 Een uitgebreide omschrijving van data-opschoning, de verschillende methodologieën en de verschillende nauwkeurigheidsmaatstaven kan men vinden in Van der Hoeven (2022).
- 5 Een uitleg van cross validation en de implicaties ervan, zie Goodfellow et al. (2016) en Steurer et al. (2021).

LITERATUUR

- Arrieta, A. B., Díaz-Rodríguez, N., Del Ser, J., Bennetot, A., Tabik, S., Barbado, A., Garcia, S., Gil Lopez, S., Molina, D., Benjamins, R., Chatila, R., & Herrera, F. (2020). Explainable artificial intelligence (XAI): Concepts, taxonomies, opportunities and challenges toward responsible AI. *Information Fusion*, 58, 82–115.
- Clayton, J., Geltner, D., & Hamilton, S. W. (2001). Smoothing in commercial property valuations: Evidence from individual appraisals. *Real Estate Economics*, 29(3), 337–360.
- Crosby, N., Devaney, S., Lizieri, C., & McAllister, P. (2018). Can institutional investors bias real estate portfolio appraisals? Evidence from the market downturn. *Journal of Business Ethics*, 147(3), 651–667.
- Fakton (2020). *Handboek modelmatig waarderen marktwaarde*. Online raad te plegen: <https://www.installatie.nl/wp-content/uploads/2020/11/Handboek-Marktwaardering-2020.pdf>
- Ganesan, H.G., Walvekar, G., Kakka, V. (2021). *Private real estate: Valuation and sale price comparison 2020*. Geraadpleegd van Morgan Stanley Capital International (MSCI): <https://www.msci.com/documents/10199/939c40ef-1ad7-771e-2d9f-51cb3d281675>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- Gupta, M. R., Bahri, D., Cotter, A., & Canini, K. (2018). *Diminishing returns shape constraints for interpretability and regularization* [Paperpresentatie]. 32nd Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS), Long Beach, CA, Verenigde Staten.
- Hinrichs, N., Kolbe, J., & Werwatz, A. (2021). Using shrinkage for data-driven automated valuation model specification – a case study from Berlin. *Journal of Property Research*, 38(2), 130–153.
- Hoge Raad (2020). ECLI:NL:PHR:2020:463. Geraadpleegd van <https://uitspraken.rechtspraak.nl/inziendocument?id=ECLI:NL:PHR:2020:463>

- IVSC (2003). *Glossary of terms for international valuation standards*.
Geraadpleegd van <https://www.icjce.es/images/pdfs/TECNICA/C02%20-%20IASB/C210%20-%20IVSC%20-%20Normas/27-glossary.pdf>
- IVSC (2019). *International valuation standards*. Geraadpleegd van <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/valuation/international-valuation-standards-rics2.pdf>
- Krause, A., Martin, A., & Fix, M. (2020). Uncertainty in automated valuation models: Error-based versus model-based approaches. *Journal of Property Research*, 37(4), 308–339.
- Liu, F. T., Ting, K. M., & Zhou, Z. (2008). *Isolation forest*. Eighth IEEE International Conference on Data Mining, Pisa, Tuscany, Italy.
- McAllister, P., Baum, A., Crosby, N., Gallimore, P., & Gray, A. (2003). Appraiser behaviour and appraisal smoothing: Some qualitative and quantitative evidence. *Journal of Property Research*, 20(3), 261–280.
- Mooya, M. 2011. Of mice and men: Automated valuation models and the valuation profession. *Urban Studies*, 48(11), 2265–2281.
- NRVt (2022). *Reglementen en praktijkhandreikingen*.
Geraadpleegd van <https://www.nrvt.nl/regelgeving/reglementen-en-praktijkhandreikingen>
- RICS (2018). *Risk, liability and insurance in valuation work*. Geraadpleegd van https://www.rics.org/contentassets/3c3cf557764c40acacb9adde6cd5ce4f/risk_-liability-and-insurance_1st-edition-1.pdf
- RICS (2020a). *RICS valuation - global standards*. Geraadpleegd van <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/valuation/rics-valuation--global-standards.pdf>
- RICS (2020b). *Valuing residential property purpose built for renting*.
Geraadpleegd van <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/upholding-professional-standards/sector-standards/valuation/valuing-residential-property-purpose-built-for-renting-1st-edition-rics2.pdf>
- RICS (2021). *Automated valuation models roadmap for RICS members and stakeholders*.
Geraadpleegd van <https://www.rics.org/globalassets/rics-avm-roadmap.pdf>
- Scheurwater, S. (2017). *The future of valuations*. Geraadpleegd van <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/knowledge/research/insights/future-of-valuations-insights-paper-rics.pdf>
- Schulz, R., Wersing, M., & Werwatz, A. (2014). Automated valuation modelling: A specification exercise. *Journal of Property Research*, 31(2), 131–153.
- Schulz, R., & Wersing, M. (2021). Automated valuation services: A case study for Aberdeen in Scotland. *Journal of Property Research*, 38(2), 154–172.
- Steurer, M., Hill, R. J., & Pfeifer, N. (2021). Metrics for evaluating the performance of machine learning based automated valuation models. *Journal of Property Research*, 38(2), 99–129.
- Tacoma, O. (2017). *Let op: Plausibiliteitstoets bij NRVt taxaties biedt geen vrijwaring voor taxateurs*. Geraadpleegd van <https://vastgoed-advocaten.nl/2017/09/let-op-plausibiliteitstoets-nrvt-taxaties-biedt-geen-vrijwaring-taxateurs/>
- Tacoma, O. (2018). *De waarborgen van de vastgoedtaxatie*.
Geraadpleegd van <https://vastgoed-advocaten.nl/2017/11/de-waarborgen-van-de-vastgoedtaxatie/>
- Tacoma, O. (2019). *Bandbreedte van +/- 10% onvoldoende grondslag voor de beoordeling juistheid taxatie*.
Geraadpleegd van <https://vastgoed-advocaten.nl/2019/09/bandbreedte-van-10-onvoldoende-grondslag-voor-de-beoordeling-juistheid-taxatie/>
- Tacoma, O. (2021). *Het maatman criterium: Toetsingsmaatstaf voor de aansprakelijkheid van de taxateur*.
Geraadpleegd van <https://vastgoed-advocaten.nl/2021/09/het-maatman-criterium-toetsingsmaatstaf-voor-de-aansprakelijkheid-van-de-taxateur/>
- TEGOVA (2020). *European valuation standards*.
Geraadpleegd van https://tegoval.org/static/72fa037473e198cbd428e465158bcfdb/a6048c931cdc93_TEGOVA_EVS_2020_digital.pdf
- Van der Hoeven, D.W.P. (2022). *Appraiser-based automated valuation: A case study of valuing buy-to-let properties in the Netherlands*. MSc. Thesis, MSc. Real Estate Studies.
- You, S., Ding, D., Canini, K., Pfeifer, J., & Gupta, M. R. (2017). *Deep lattice networks and partial monotonic functions* [Paperpresentatie]. 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS), Long Beach, CA, Verenigde Staten.

Appendix A: Beschrijvende statistieken

Tabel A.1 ► BESCHRIJVENDE STATISTIEKEN M.B.T. MARKTHUUR (N=3337)

Feature	Mean	Median	Std. Dev.	Min	Max
Markthuur	16.96	16.25	5.47	8.00	40.00
Aantal kamers	3.15	3.00	1.04	1.00	10.00
Dagen op de markt	38.40	24.00	45.33	1.00	533.00
Objectinhoud	243.98	230.00	86.20	60.00	723.00
Ouderdom gebouw	40.92	28.00	41.05	0.00	286.00
Totale gebruiksoppervlakte	82.88	80.00	25.62	23.00	185.00
Walkscore	80.06	84.00	16.86	0.00	100.00
Bevolking					
Buurt	3977	3055	3390	50	28870
Gemeente	325175	162543	297427	9362	873338
Variabelen buurtniveau					
Gemiddelde huishoudensgrootte	1.92	1.90	0.37	1.10	3.40
Gemiddelde woningwaarde	309691	283300	137479	97000	2065000
Aandeel eengezinswoningen	0.36	0.28	0.30	0.00	1.00
Aandeel eigenaar-gebruik	0.46	0.45	0.20	0.00	0.97
Aandeel eigendom onbekend	0.01	0.00	0.02	0.00	0.36
Aandeel meergezinswoningen	0.64	0.72	0.30	0.00	1.00
Aandeel private huur	0.26	0.23	0.18	0.00	1.00
Aandeel sociale huur	0.27	0.24	0.19	0.00	1.00
Woningvoorraad	2006	1541	1716	22	14222
Energielabel		5.00		0.00	10.00
Leefbaarometer		5.00		1.00	8.00
Type eengezinswoning	0.15				
Type meergezinswoning	0.85				

Tabel A.1 toont de beschrijvende statistieken van de huurtransactiegegevens na het opschonen en verrijken met aanvullende gegevens. De markthuur wordt gemeten per vierkante meter gebruiksoppervlakte per maand, in euro's. Gebruiksoppervlakte wordt gemeten in vierkante meters. De bouwleeftijd wordt gemeten vanaf de transactiedatum. In overeenstemming met Schulz & Wersing (2021) wordt het aantal kamers gemeten als de som van de woon- en slaapkamers. Het energielabel en de leefbaarometer zijn ordinaal gecodeerd. Het objectvolume wordt gemeten in kubieke meters. Een object is ofwel een eengezinswoning (=1) of een meergezinswoning (=0). Afstand tot voorzieningen, provinciecode, type, subtype en transactiemaanden worden niet gerapporteerd, maar zijn opvraagbaar bij de auteurs.

Appendix A: Beschrijvende statistieken

Tabel A.2 ► BESCHRIJVENDE STATISTIEKEN M.B.T. KAPITALISATIEFACTOR (N=459)

Feature	Mean	Median	Std. Dev.	Min	Max
Kapitalisatiefactor	21.04	18.58	9.85	10.93	93.79
Gemiddelde gebruiksoppervlakte per eenheid	82.85	79.60	24.67	19.75	189.00
Ouderdom gebouw	56.29	46.00	39.10	3.00	369.00
Totaal theoretische huurinkomsten	85187.07	62568.00	71596.96	3813.48	336212.90
Total aantal eenheden	10.49	7.00	9.24	1.00	45.00
Totale gebruiksoppervlakte	855.94	560.00	761.74	50	3650
Walkscore	77.36	79.00	16.30	16.00	99.00
Bevolking					
Buurt	3989	2845	3973	175	28870
Gemeente	234508	103581	278370	10477	873338
Wijk	15797	11485	15225	465	109805
Variabelen buurtniveau					
Gemiddelde huishoudensgrootte	1.95	1.90	0.35	1.30	3.30
Gemiddelde woningwaarde	247205	210000	133165	82000	1262000
Aandeel eengezinswoningen	0.45	0.41	0.32	0.00	1.00
Aandeel eigenaar-gebruik	0.50	0.51	0.20	0.05	0.98
Aandeel eigendom onbekend	0.00	0.00	0.01	0.00	0.15
Aandeel meergezinswoningen	0.55	0.59	0.32	0.00	1.00
Aandeel private huur	0.20	0.17	0.14	0.00	0.62
Aandeel sociale huur	0.30	0.28	0.18	0.00	0.92
Woningvoorraad	1982	1484	1905	69	14222
Energielabel		3.00		0.00	6.00
Leefbaarometer		5.00		1.00	8.00
Type eengezinswoning	0.27				
Type meergezinswoning	0.73				
Transactiejaar 2019	0.87				
Transactiejaar 2020	0.11				
Transactiejaar 2021	0.02				

Tabel A.2 toont de beschrijvende statistieken van de kapitalisatiefactor transactiegegevens na het opschonen en verrijken met aanvullende gegevens. Gebruiksoppervlakte wordt gemeten in vierkante meters. De ouderdom van het gebouw wordt gemeten vanaf de transactiedatum. Het energielabel en de leefbaarometer zijn ordinaal gecodeerd. Theoretische huurinkomsten en gemiddelde woningwaarde worden gemeten in euro's. Een object is ofwel een eengezinswoning, meergezinswoning of eengezins-/meergezinswoning. Afstand tot voorzieningen, transactiemaanden en regio's worden niet gerapporteerd, maar zijn opvraagbaar bij de auteurs.

Tabel A.3 ► BESCHRIJVENDE STATISTIEKEN LEEGWAARDE (N=17132)

Feature	Mean	Median	Std. Dev.	Min	Max
Leegwaarde	3831.01	3611.11	1278.05	1421.05	10000.00
Ouderdom gebouw	47.59	44.00	30.86	-2.00	431.00
Dagen op de markt	28.05	22.00	23.37	1.00	352.00
Aantal kamers	4.50	5.00	1.33	1.00	13.00
Objectinhoud	401.21	387.00	142.82	74.00	1613.00
Totale gebruiksoppervlakte	111.51	110.00	33.95	27.00	250.00
Walkscore	67.79	71.00	19.75	0.00	100.00
Bevolking					
Buurt	3594	2720	3076	35	28870
Gemeente	164225	89999	204533	931	873338
Variabelen buurtniveau					
Gemiddelde huishoudensgrootte	2.17	2.20	0.36	1.10	3.70
Gemiddelde woningwaarde	273462	254000	104599	77000	1624000
Woningvoorraad	1656	1241	1467	20	14222
Aandeel meergezinswoningen	0.36	0.27	0.29	0.00	1.00
Aandeel eigenaar-gebruik	0.60	0.62	0.20	0.00	1.00
Aandeel eigendom onbekend	0.00	0.00	0.01	0.00	0.36
Aandeel private huur	0.13	0.09	0.12	0.00	1.00
Aandeel eengezinswoningen	0.64	0.73	0.29	0.00	1.00
Aandeel sociale huur	0.27	0.24	0.18	0.00	0.97
Energielabel		4.00		0.00	11.00
Leefbaarometer		6.00		1.00	8.00
Kosten koper	0.99				
Type eengezinswoning	0.70				
Type meergezinswoning	0.30				

Tabel A.3 toont de beschrijvende statistieken van de leegwaarde transactiegegevens na het opschonen en verrijken met aanvullende gegevens. De leegwaarde wordt gemeten per vierkante meter gebruiksoppervlakte, in euro's. Gebruiksoppervlakte wordt gemeten in vierkante meters. De ouderdom van het gebouw wordt gemeten vanaf de transactiedatum. In overeenstemming met Schulz & Wersing (2021) wordt het aantal kamers gemeten als de som van de woon- en slaapkamers. Het energielabel en de leefbaarometer zijn ordinaal gecodeerd. Het objectvolume wordt gemeten in kubieke meters. Gemiddelde woningwaarde wordt gemeten in euro's. Een object is ofwel een eengezinswoning (=1) of een meergezinswoning (=0). Afstand tot voorzieningen, provinciecode, type, sub-type en transactiem maanden worden niet gerapporteerd, maar zijn opvraagbaar bij de auteurs.