*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



**BIM   adoption   within   Australian   Small   and   Medium-sized**

**Enterprises   (SMEs):   an   innovation   diffusion   model**

**M. Reza Hosseini1, Saeed Banihashemi2, Nicholas Chileshe3, Mehran Oraee Namzadi1,**

**Chika Udaeja4, Raufdeen Rameezdeen3  and Tammy McCuen5**

*1*

*2*

*3*

*4*

*5*

*School  of  Architecture  and  Built  Environment,  Deakin  University,  Geelong,  Australia*

*School  of  the  Built  Environment,  University  of  Technology  Sydney  (UTS),  Sydney,  Australia*

*School  of  Natural  and  Built  Environments,  University  of  South  Australia,  Adelaide,  Australia*

*School  of  the  Built  Environment,  University  of  Salford,  Salford,  UK*

*College  of  Architecture,  University  of  Oklahoma,  Norman,  Oklahoma,  USA*

**Abstract**

Despite  the  envisaged  benefits  of  BIM  adoption  for  SMEs,  BIM  in  SMEs  has  remained  an

underrepresented  area  within  the  available  academic  literature.  This  study  proposes  and  draws

upon  a  framework  grounded  on  innovation  diffusion  theory  (IDT)  to  provide  an  illuminating

insight  into  the  current  state  of  BIM  and  the  main  barriers  to  BIM  adoption  within  Australian

SMEs.  Based  on  analyses  of  135  questionnaires  completed  by  SMEs  through  partial  least  squares

structural  equation  modelling  (PLS-SEM)  and  grounded  on  the  proposed  framework,  the  current

state  of  BIM  adoption  and  barriers  to  BIM  adoption  for  SMEs  are  discussed.  The  findings  show

that  currently  around  42%  of  Australian  SMEs  use  BIM  in  Level  1  and  Level  2  with  only  around

5%  have  tried  Level  3.  It  comes  to  light  that  lack  of  knowledge  within  SMEs  and  across  the

construction  supply  chain  is  not  a  major  barrier  for  Australian  SMEs.  In  essence,  the  main

barriers  stem  from  the  risks  associated  with  an  uncertain  return  on  investment  (ROI)  for  BIM  as

perceived  by  key  players  in  SMEs.  The  findings  also  show  the  validity  of  the  framework

proposed  for  explaining  BIM  adoption  in  Australian  SMEs.

**Keywords:**  Building  information  modelling  (BIM),  SMEs,  Construction  industry,  Innovation

diffusion,  Australia.

**Paper  type:**  Research  article

**Introduction**

Building  Information  Modelling  (BIM)  has  enjoyed  a  progressive  emergence  over  the  last  ten

years  due  to  a  wide  range  of  benefits  envisaged  for  implementing  BIM  methodology  on

construction  projects  (Cao  et  al.,  2016).  Despite  the  great  advantages,  use  of  BIM  within  the

construction  industry  is  in  its  infancy  stage  (Manderson,  Jefferies  and  Brewer,  2015).  Adoption

for  the  construction  context  refers  to  the  stage  in  which  the  decision  to  use  a  new  system  or  idea

is  made  by  contracting  organisations  and  professional  practices  (Winch,  1998).  As  described  by

Davies  and  Harty  (2013)  firms  adopt  BIM  and  accordingly  implement  it  on  their  projects.

Evidence  shows  that  a  large  number  of  construction  firms  are  still  in  the  pre-adoption  stage  (Cao

et  al.,  2016).  In  order  to  leverage  the  potential  of  BIM,  therefore,  it  becomes  essential  to  develop

**Copyright:**  Construction  Economics  and  Building  2016.  ©  2016  M.  Reza  Hosseini,  Saeed  Banihashemi,  Nicholas  Chileshe,

Mehran  Oraee  Namzadi,  Chika  Udeaja,  Raufdeen  Rameezdeen  and  Tammy  McCuen.  This  is  an  Open  Access  article  distributed

under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 Unported (CC BY 4.0) License

[(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/),](http://https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)  allowing  third  parties  to  copy  and  redistribute  the  material  in  any  medium  or

format  and  to  remix,  transform,  and  build  upon  the  material  for  any  purpose,  even  commercially,  provided  the  original  work  is

properly  cited  and  states  its  license.

**Citation:**  Hosseini,  M.R.,  Banihashemi,  S,  Chileshe,  N.,  Namzadi,  M.O.,  Udeaja,  C.,  Rameezdeen,  R  and  McCuen,  T.  2016.  BIM

adoption  within  Australian  Small  and  Medium-sized  Enterprises  (SMEs):  an  innovation  diffusion  model*,  Construction  Economics  and*

*Building,*  16(3),  71-86.  DOI:  <http://dx.doi.org/10.5130/AJCEB.v16i3.5159>

**Corresponding  author**:  Nicholas  Chileshe;  Email  –  Nicholas.Chileshe@unisa.edu.au

**Publisher:**  University  of  Technology  Sydney  (UTS)  ePress

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



a  robust  understanding  of  the  nature  of  the  barriers  that  cause  project  participants  shy  away  from

BIM  adoption  on  their  projects  (Cao  et  al.,  2016;  Forsythe,  2014).

Low  BIM  adoption  is  seen  as  an  issue  in  small  businesses  (Forsythe,  2014),  yet  available  studies

on  BIM  adoption  have  for  the  most  part  focused  on  large-sized  companies  and  large-scale

ambitious  projects  (Rodgers  et  al.,  2015).  Therefore,  barriers  to  BIM  adoption  within  SMEs  have

remained  underrepresented  in  the  existing  literature  (Poirier,  Staub-French  and  Forgues,  2015a),

particularly  within  the  Australian  context  (Forsythe,  2014).  Despite  such  scant  attention  devoted

to  BIM  in  SMEs,  this  area  is  of  outmost  importance  for  the  Australian  construction  industry  in

view  of  the  fact  that  “…smaller  firms  will  continue  to  dominate  the  construction  industry

landscape  far  into  the  future.”  (Shelton,  Martek  and  Chen,  2016,  p.180).

This  study  is  intended  to  address  this  gap  in  the  body  of  the  knowledge.  To  this  end,  the  present

study  intends  to  identify  and  evaluate  the  relative  strength  of  the  barriers,  which  cause  Australian

SMEs  retreat  from  adoption  of  BIM  on  their  projects.  These  barriers  have  to  be  delineated  in

view  of  the  networked  nature  of  the  construction  industry  (Davies  and  Harty,  2013).  Hence,  the

study  presents  the  identified  barriers  in  form  of  a  model,  taking  into  account  the  influence  of  the

dynamics  within  the  project,  organisation  and  the  supply  chain  contexts.

**Theoretical   points   of   departure**

Recent  studies  on  BIM  adoption  have  confirmed  that  BIM  adoption  in  the  construction  context

is  closely  aligned  with  innovation  adoption  process  (Hosseini  et  al.,  2015).  BIM  has  been

conceptualised  as  a  technological  innovation  in  a  number  of  recent  studies  (Brewer  and

Gajendran,  2012;  Cao,  Li  and  Wang,  2014;  Poirier,  Staub-French  and  Forgues,  2015a).  Even

more,  dealing  with  BIM  adoption  through  the  lenses  of  innovation  adoption  is  recommended  as

the  most  effective  approach  for  exploring  BIM  adoption  in  construction  companies  (Murphy,

2014).  Therefore,  the  innovation  diffusion  theory  (IDT)  is  well-situated  for  framing  research

questions  pertaining  to  the  processes  of  adoption  of  BIM  in  construction  organisations  (Cao,  Li

and  Wang,  2014;  Davies  and  Harty,  2013;  Gledson  and  Wardleworth,  2016).  As  such,  conducting

the  present  study  is  directed  by  IDT  chosen  as  the  theoretical  points  of  departure.

For  the  construction  context,  Slaughter  (1998)  described  an  innovation  as  the  actual  use  of  a

non-trivial  alteration  in  terms  of  an  enhancement  in  a  system  or  working  procedure  that  is  new

to  the  corresponding  organisation.  The  process  yielding  the  use  of  an  innovation  in  a

construction  company  is  comprised  of  two  succeeding  stages.  These  are  diffusion  and

implementation  with  adoption  being  the  interface  between  these  two  (Winch,  1998).  Innovation

diffusion  process  is  defined  as  the  process  through  which  an  innovation  “is  communicated

through  certain  channels  over  time  among  the  members  of  a  social  system”  (Rogers,  2010,  p.5).

A  large  number  of  inter-  and  intra-organisational  factors  affect  this  process  as  drivers  and

barriers.  IDT  explains  the  factors,  their  origin,  context  and  envisaged  potential  impacts  on  all

stages  of  diffusion  of  an  innovation  (Slaughter,  1998)  as  will  be  discussed  in  formulating  the

theoretical  model  of  the  study.

**Background**

**Small  and  Medium-sized  Enterprises  (SMEs)**

Different  regions  and  countries  around  the  world  have  offered  various  definitions  for  the  term

“SMEs”  with  the  number  of  employees  being  the  major  measure  to  determine  size  for

construction  firms  (Acar  et  al.,  2005).  Given  this  context,  Table  1  demonstrates  a  summary  of

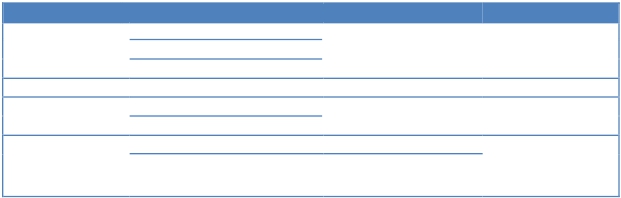
available  definitions  for  SMEs  across  several  countries.  In  Australia,  according  to  the  definition

for  SMEs  proposed  by  SME  Association  of  Australia  (SMEAA,  2011)  a  micro  business  is

defined  as  having  less  than  4  employees  and  a  small  business  has  between  5  and  20  employees.  A

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *72*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



medium-sized  company  is  specified  via  its  range  of  employees  between  20  up  to  200  people.  In

line  with  this  definition,  SMEs  in  Australia  represent  around  98%  of  the  construction  sector,

with  similar  percentages  applicable  to  other  countries  including  the  US,  the  UK  (Forsythe,  2014)

and  Canada  (Poirier,  Staub-French  and  Forgues,  2015a).

SMEs  play  a  crucial  role  in  fostering  a  prosperous  economic  and  social  structure  in  Australia

(Shelton,  Martek  and  Chen,  2016;  SMEAA,  2011).  Yet,  SMEs  are  limited  in  maintaining  their

competitive  edge  due  to  a  lack  of  incentives  in  taking  advantage  from  sufficient  human

resources;  an  element  that  is  the  key  asset  in  the  construction  context  (Saridakis,  Muñoz  Torres

and  Johnstone,  2013).  It  is  widely  believed  in  construction  literature  that  SMEs  are  typically

lagging  behind  large-sized  firms  in  embracing  innovation  and  technological  advancements  (Acar

et  al.,  2005;  Bröchner  and  Lagerqvist,  2016;  Shelton,  Martek  and  Chen,  2016).  This  is  similarly

the  case  for  BIM  (Forsythe,  2014;  McGraw  Hill,  2014;  Poirier,  Staub-French  and  Forgues,

2015a)  due  to  a  number  of  barriers  as  discussed  next.

Table  1:  SMEs  definitions  in  various  countries

**Country** **Number  of  employees** **Annual  turnover** **Source**

Australia 0  <  Micro  <  4 N/A (SMEAA,  2011)

5  <  Small  <  20

21<  Medium  <  200

New  Zealand Fewer  than  20  full  time  employees N/A (Miller  et  al.,  2013)

USA Small  <  99 N/A (USCB,  2016)

100  <  Medium  <  499

Canada Small  <  99 Small  <  $1  million

100  <  Medium  <  499 $1  million  <  Medium  <  $5

million

(Gibson,  Rispoli  and

Leung,  2011;  Seens,

2015)

**Barriers  to  BIM  adoption**

It  is  believed  that  implementing  BIM  is  the  remedial  solution  for  a  wide  range  of  deficiencies

affecting  the  construction  industry  (Manderson,  Jefferies  and  Brewer,  2015;  Poirier,  Staub-

French  and  Forgues,  2015b).  The  benefits  include  coordinating  the  project  process,  reducing  the

number  of  errors  and  clashes,  preventing  reworks,  improving  logistics  and  supply  chain  systems

and  delivering  precise  project  information  (Demian  and  Walters,  2014;  Gledson  and

Wardleworth,  2016;  McGraw  Hill,  2014;  Mignone  et  al.,  2016).  In  addition,  visualisation  of

project  information  via  3D,  4D  and  5D  modelling  capabilities  enhances  the  quality  of

communications  on  projects  (McGraw  Hill,  2014;  Stanley  and  Thurnell,  2014).  Considering  the

small  size  of  projects  handled  by  SMEs,  implementing  BIM  in  SMEs  could  be  highly

advantageous  resulting  in  noticeable  productivity  gains  (Poirier,  Staub-French  and  Forgues,

2015a;  Poirier,  Staub-French  and  Forgues,  2015b;  Rodgers  et  al.,  2015).  That  is  because,  smaller

groups  of  project  participants  and  shorter  project  duration  offer  vast  opportunities  for  reaping

the  benefits  of  BIM  (Engineers  Australia,  2014)  and  possible  swift  organisational  changes

(Arayici  et  al.,  2011).  Despite  these  advantages,  level  of  BIM  adoption  in  construction  companies

is  still  low  (Cao  et  al.,  2016;  Manderson,  Jefferies  and  Brewer,  2015).  A  number  of  barriers  as

illustrated  in  Table  2  have  been  identified  as  the  main  causes  of  such  low  adoption  across  the

construction  industry.

Nevertheless,  while  large-size  firms  benefit  from  advanced  levels  of  implementing  BIM  as

compared  to  SMEs,  the  study  by  Aranda-Mena  et  al.  (2009)  in  Australia  and  Hong  Kong

indicates  that  BIM  adoption  features  in  SMEs  differ  from  large-size  firms.  Such  discrepancy  in

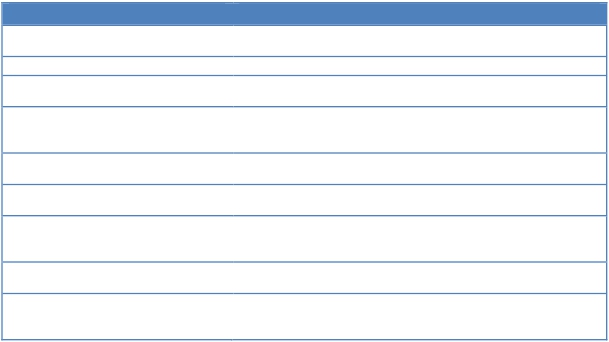
adoption  has  been  traced  to  the  barriers  inherent  to  SMEs.  In  essence,  in  view  of  limited

resources  available  for  SMEs,  implementing  BIM  justified  by  anecdotal  evidence  represents

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *73*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*

                     problems (Azhar,  Khalfan  and  Maqsood,  2015;  Manderson,  Jefferies  and



considerable  risks  (Poirier,  Staub-French  and  Forgues,  2015b).  Wood,  Davis  and  Olatunji  (2011)

revealed  that  different  organisational  structures  of  SMEs  require  different  skills,  training  and

equipment  for  BIM  implementation.  It  was  further  identified  that  the  cost  of  BIM

implementation  in  SMEs  are  higher  than  that  of  in  their  large  counterparts  due  to  the  demerits

of  software  acquisitions.  By  the  same  token,  the  report  of  McGraw  Hill  (2014)  on  business

benefits  of  BIM  in  Australia  and  New  Zealand  shows  that  SMEs  are  “relatively  new  to  the  use  of

BIM”  where  design  firms  are  in  the  upper  levels  of  BIM  utilisation  in  comparison  with

contractors.  The  report  also  indicates  that  BIM  implementation  rate  for  SMEs  in  Australia  is

lower  than  large-sized  enterprises,  without  providing  clear  reasons  to  justify  such  observation.

Table  2:  Barriers  to  BIM  adoption  in  the  construction  context

**Barriers** **Reference**

Lack  of  knowledge  and  awareness (Bin  Zakaria  et  al.,  2013;  Gerrard  et  al.,  2010;  Khosrowshahi  and

Arayici,  2012)

Lack of support from policy makers  (Abubakar  et  al.,  2014;  Bin  Zakaria  et  al.,  2013)

Unavailability  of  standards  and  guidelines (Azhar,  Khalfan  and  Maqsood,  2015;  Bin  Zakaria  et  al.,  2013;  Chan,

2014;  Manderson,  Jefferies  and  Brewer,  2015)

Initial  costs (Abubakar  et  al.,  2014;  Azhar,  Khalfan  and  Maqsood,  2015;  Forsythe,

2014;  Gerrard  et  al.,  2010;  Khosrowshahi  and  Arayici,  2012;  Rodgers

et  al.,  2015)

Training  and  learning  issues (Abubakar  et  al.,  2014;  Azhar,  Khalfan  and  Maqsood,  2015;  Chan,

2014)

Incompatibility  and  interoperability

Brewer,  2015;  Rodgers  et  al.,  2015)

Lack  of  demand (Azhar,  Khalfan  and  Maqsood,  2015;  Chan,  2014;  Khosrowshahi  and

Arayici,  2012;  Poirier,  Staub-French  and  Forgues,  2015a;  Rodgers  et

al.,  2015)

Lack  of  skilled  personnel (Azhar,  Khalfan  and  Maqsood,  2015;  Chan,  2014;  Gerrard  et  al.,

2010;  Rodgers  et  al.,  2015)

Resistance  to  change (Abubakar  et  al.,  2014;  Azhar,  Khalfan  and  Maqsood,  2015;  Forsythe,

2014;  Gerrard  et  al.,  2010;  Khosrowshahi  and  Arayici,  2012;  Poirier,

Staub-French  and  Forgues,  2015a;  Rodgers  et  al.,  2015)

**Theoretical   model**

In  light  of  having  IDT  as  the  theoretical  background  of  the  study,  barriers  identified  in  the

literature  were  extracted  from  the  sources  as  illustrated  in  Table  2.  As  surmised  by  Poirier,  Staub-

French  and  Forgues  (2015a)  key  factors  affecting  adoption  of  BIM  within  SMEs  belong  to  four

different  yet  embedded  contexts  of  innovation  adoption.  These  are  industry,  institutional,

organisational  and  project  contexts  according  to  the  model  proposed  by  Poirier,  Staub-French

and  Forgues  (2015a)  to  explore  the  factors  influencing  BIM  adoption  in  accordance  with  the

innovation  diffusion  process.  Each  of  these  four  contexts  exerts  its  influence  on  BIM  adoption

by  introducing  explicit  effects.  Barriers  in  the  industry  context  represent  the  barriers  stemmed

from  the  location,  market,  lack  of  demand  from  clients,  owners,  general  contractors  and

proximity  to  markets  in  which  BIM  is  flourishing.  The  institutional  context  refers  to  the  policies,

practices,  knowledge  and  procedures  implemented  by  various  parties  involved  in  the

construction  supply  chain  surrounding  the  organisation.  The  organisational  context  covers

intentions,  support  and  commitments  of  management  and  personnel  with  regard  to  BIM

adoption,  strategic  objectives,  resource  allocation  and  addressing  training  needs.  The  factors  in

the  project  context  category  are  related  to  project  and  contractual  requirements  and  members’

perceptions  with  regard  to  BIM.

Poirier,  Staub-French  and  Forgues  (2015a)  also  recognised  the  associations  between  these

categories  asserting  that  institutional  and  industry  contexts  affect  organisational  context  where

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *74*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



there  is  a  causal  link  between  organisational  context  and  project  context.  By  the  same  token,

Hosseini  et  al.  (2015)  suggested  that  when  it  comes  to  the  factors  affecting  innovation  adoption,

industry  and  institution  factors  influence  organisational  factors  and  organisational  ones

manipulate  project  level  factors.  In  view  of  the  discussions  above,  the  theoretical  model  of  the

study  was  developed  as  the  model  illustrated  in  Figure  1.  It  should  be  mentioned  that  the

framework  provided  by  Poirier,  Staub-French  and  Forgues  (2015a)  was  modified.  That  was

because,  the  embedded  contexts  of  industry  and  institutional,  virtually  covered  the  whole  supply

chain  affecting  the  organisation,  thus  were  merged  into  one  single  embedded  context  titled  as

*Supply  Chain*.  As  a  result,  the  theoretical  model  of  the  study  was  based  on  three  categories  of

barriers.  These  were  (1)*Supply  Chain*  barriers  (industry  and  institutional),  (2)*Organisational*  and  (3)

*Project*  barriers  as  illustrated  in  Figure  1.

Figure  1:  Theoretical  model  of  the  study

**Research   method**

A  quantitative  approach  was  chosen  as  the  primary  methodology  for  the  study  in  view  of  the

defined  objectives  of  the  study.  That  was  because,  quantitative  methods  enable  researchers  to

collect  data  on  perceptions  and  attitudes  of  a  wide  range  of  respondents,  and  thus  the  findings

become  applicable  to  a  population  (Neuman,  2006).  It  is  an  acceptable  practice  to  adapt  survey

instruments  previously  used  by  available  studies  (Creswell,  2009).  The  questionnaire  for  the

present  study  was  based  on  the  questionnaire  deployed  for  South  Australian  SMEs  by  Rodgers  et

al.  (2015).  An  exhaustive  review  of  literature  on  barriers  to  BIM  adoption  was  also  conducted  to

complement  the  questionnaire.  The  preliminary  questionnaire  was  presented  to  seven  SMEs

directors  each  with  more  than  12  years  of  experience  on  construction  projects  in  Australia.  The

project  managers  approved  the  questionnaire,  with  their  suggestions  incorporated  in  designing

the  final  version  of  the  questionnaire.  Subsequently,  a  number  of  terms  were  revised,  3  questions

were  merged  and  2  questions,  which  were  deemed  confusing  and  leading,  were  removed.  Key

terms  such  as  BIM  and  levels  of  BIM  adoption  were  explained  and  defined  using  professional

expressions  rather  than  academic  terms.  The  rationale  in  submitting  the  questionnaire  to  the

project  managers  was  the  recommendations  by  Forza  (2002)  stating  that  industry  experts  should

be  involved  in  the  pre-testing  of  the  questionnaire.

The  first  section  of  the  questionnaire  included  a  clarification  on  the  overarching  aims  of  the

research  study  and  covered  questions  to  identify  the  demographic  attributes  of  respondents,

whereas  the  second  section  included  statements  describing  the  barriers,  which  make  construction

practitioners  shy  away  from  BIM  adoption  within  SMEs.  In  line  with  the  recommendation  by

Holt  (2014)  for  identifying  the  relative  importance  of  a  set  of  variables,  respondents  were  asked

to  rate  their  level  of  agreement  with  regard  to  the  influence  of  each  of  described  barriers  in  form

of  a  five-point  Likert-scale  (1  =  strongly  disagree,  2  =  disagree,  3  =  neutral,  4  =  agree,  and  5  =

strongly  agree).

**Data  analysis**

Where  the  objectives  indicate  investigating  the  associations  between  variables  and  the  strength  of

variables  in  affecting  a  construct,  Structural  Equation  Modelling  (SEM)  could  be  an  effective

method.  SEM  could  be  deployed  for  conducting  multivariate  regression  in  confirmatory  and

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *75*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



exploratory  studies  (Kline,  2011).  Using  SEM,  researchers  can  examine  the  strength  of

relationships  in  order  to  prioritise  resources  for  the  most  important  variables  to  better  serve

management  purposes.  The  fact  that  unobserved  variables  (constructs  that  are  not  directly

measurable)  can  be  included  in  such  analyses  makes  SEM  an  ideal  tool  for  business  and

management  research  studies  (Wong,  2013).  There  are  two  broad  methods  of  conducting  SEM

being  covariance-based  (CB-SEM)  and  partial  least  squares  (PLS-SEM)  (Hair  et  al.,  2014).  The

selection  of  the  most  appropriate  method  is  contingent  upon  the  objectives  of  the  study  and  the

nature  of  the  collected  data.  Given  the  relatively  small  sample  size  of  this  study,  novelty  of  the

conceptual  model  and  capability  to  handle  variables  with  non-normal  distributions,  PLS-SEM

was  considered  as  the  most  appropriate  SEM  method  according  to  the  recommendations

proposed  by  Wong  (2013)  and  Hair  et  al.  (2014).  SmartPLS  (http://www.smartpls.de/)  was

utilised  as  the  package  for  conducting  the  analyses  according  to  the  guidelines  and  instruction

provided  by  Hair  et  al.  (2014).

**Sampling**

Construction  related  companies  (contractors,  architecture  and  design  companies)  active  within

the  Australian  context  were  targeted  as  the  population  of  interest  for  the  survey.  Data  collection

through  targeting  clusters  of  population  of  interest  or  “cluster  sampling”  as  termed  by  Neuman

(2006)  is  appropriate  for  administration  of  questionnaires  where  the  population  is  in  a  wide

geographic  area  such  as  a  country.  As  such,  a  list  of  architects,  design  firms  and  contractors  was

prepared  arbitrarily  (downloaded  from  available  websites  and  collated  from  yellow  pages).  A  total

of  1365  (712  architects  and  653  contractors)  questionnaires  were  sent  by  post  as  well  as  email  to

directors  of  these  companies  from  which  149  duly  completed  questionnaires  returned.  Data

collection  started  in  October  2015  and  finalised  in  February  2016.

The  adequacy  of  the  sample  size  was  assessed  utilising  the  instructions  provided  by  Hair  et  al.

(2014)  for  utilising  PLS-SEM.  For  a  commonly-used  level  of  statistical  power  (80%),  significance

of  5%  and  maximum  number  of  6  arrows  pointing  to  a  latent  variable  a  minimum  of  75  cases  is

adequate  for  a  minimum values  of  0.25  (Hair  et  al.,  2014,  p.21).  As  will  be  discussed,  the

largest  number  of  arrows  in  the  model  pointing  to  a  latent  variable  was  6.  Hence,  the  number  of

cases  (149)  was  well  above  the  minimum  required  sample  size.

**Findings   of   the   study**

**Profile  of  respondents**

The  findings  showed  that  out  of  149  collected  responses  10  (6.7%)  came  from  large-sized

companies.  These  questionnaires  were  omitted  from  the  dataset.  Besides,  4  questionaries  came

from  companies  active  as  suppliers  of  building  materials,  which  were  not  deemed  relevant  to

BIM  adoption.  These  were  not  included  in  the  analyses  of  findings.  Therefore,  the  final  sample

comprised  of  135  SMEs  as  summarised  in  Figure  2.

The  findings  in  Figure  2  present  a  picture  of  the  demographics  of  Australian  SMEs  participating

in  the  study.  As  far  as  size  is  concerned,  around  93%  were  micro  and  small  businesses  where

medium  sized  companies  made  up  below  7%  of  SMEs.  Additionally,  above  73%  of  clients  for

SMEs  were  owners  and  individuals  exposing  the  predominant  typography  of  clients  when

dealing  with  SMEs.

From  another  perspective,  the  profile  of  the  sample  as  illustrated  in  Figure  2  attested  to  the

adequate  knowledge  of  respondents  to  answer  the  questions  on  BIM  adoption.  That  was

because,  around  92%  of  companies  had  a  history  of  service  of  more  than  11  years  in  the  industry

while  around  88%  were  directors  and  project  managers  of  companies.  Thus,  respondents  were

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *76*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*

Level0

Level1

Level2

Level3



key  decision  makers  in  SMEs  with  direct  awareness  of  policies  of  companies  with  regard  to

adoption  of  BIM.

Figure  2:  Profile  of  companies  participating  in  the  sample

**Current  state  of  BIM  within  Australian  SMEs**

The  current  state  of  BIM  within  Australian  SMEs  as  revealed  through  the  sample  is  illustrated  in

Table  3.  The  findings  show  that  majority  of  companies  (around  58%)  have  had  no  engagement

with  BIM  in  delivering  their  businesses  (non-adopters  in  Table  3).  As  for  the  adopters,  majority

(23.7%)  only  had  implemented  Level  1  with  8.1%  and  5.2%  had  used  Level  2  and  Level  3

accordingly.  This  revealed  that  SMEs  with  an  experience  of  BIM  beyond  Level  1  make  up

around  13%  of  small  companies  within  the  Australian  construction  industry.

Table  3:  Current  state  of  BIM  in  Australian  SMEs

Adopters

Adoption/  Implementation

Total      Non-

Level

Highest  Level  of  Implementation\*

adopters    Total

Count 7 32 11 7 57 78 135

Percentage 5.2% 23.7% 8.1% 5.2% 42.2% 57.8% 100.0%

\*Note:**Level 0**: Unmanaged CAD in 2D documentations with paper or electronic data exchange: This is a 2D representation

focused on the detailing and linear documentation.**Level 1**: Managed CAD in 2D or 3D format to present design through a

collaborative tool and a common data environment.**Level 2**: Managed 3D format through individual BIM platform and

software tools with data attached including 4D (Time) and/or 5D (Cost) data.**Level 3**: A fully integrated and collaborative real-

time project model facilitated by IT and web services.

**Model   analysis**

The  final  list  of  barriers  as  the  outcome  of  review  of  literature  (see  Table  2)  and  revisions

through  conducting  interviews  with  the  seven  experts  is  illustrated  in  Table  4.  Furthermore,

considering  the  associations  and  influences  for  the  three  contexts,  barriers  associated  with  each

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *77*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*

                                        projects *Supply  Chain*

                                        benefits *Supply  Chain*

                                        in  BIM *Supply  Chain*

                                   building  projects *Supply  Chain*

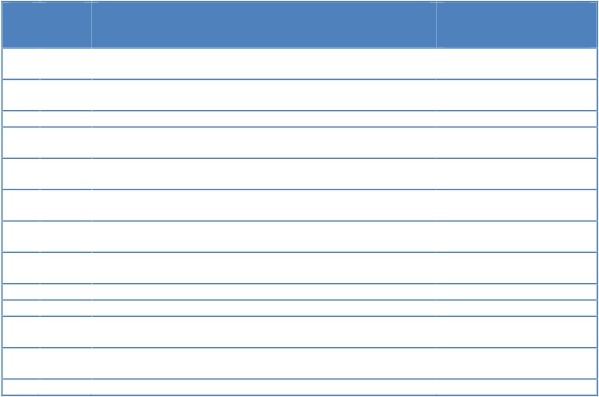
                                      need  BIM *Organisational*

                                    to  adopt  BIM *Organisational*

                                       adoption *Organisational*

                                    to  adopt  BIM *Organisational*

                                          projects *Project*



context  were  modelled  as  the  reflective  indicators  (manifest  variables)  where  each  context  was

regarded  as  a  latent  variable  reflecting  its  associated  manifest  variables.  A  preliminary  SEM

model  as  illustrated  in  Figure  3  was  developed  using  the  graphical  interface  of  SmartPLS.  This

reflected  the  theoretical  model  of  the  study  (Figure  1)  to  be  tested  via  being  exposed  to  the

collected  data.  The  reflective  view  is  the  dominant  approach  in  management  sciences  as

articulated  by  Coltman  et  al.  (2008),  hence  the  model  was  specified  with  reflective  indicators.

Table  4:  Barriers  to  BIM  adoption  in  SMEs  grounded  in  the  theoretical  model  of  the  study  (see

Figure  1)

**No** **ID** **Description** **Embedded  context**

**(innovation  diffusion**

**process)**

1 Sup01 Our  clients  are  not  interested  in  using  BIM  on  their  building

2 Sup02 Our  clients  do  not  have  sufficient  knowledge  about  BIM  and  its

3 Sup03 Sub-Contractors  are  not  interested  in  using  BIM *Supply  Chain*

4 Sup04 Sub-Contractors  do  not  have  enough  knowledge  and  expertise

5 Sup05 There  is  no  official  standard  for  adopting  and  using  BIM  on

6 Org01 The  current  technologies  we  are  using  are  enough,  so  we  don’t

7 Org02 Our  firm  is  reluctant  to  adopt  BIM  because  we  don’t  know  how

8 Org03 Our  firm  does  not  have  the  skills  and  expertise  for  BIM

9 Org04 There  is  a  significant  BIM  implementation  cost  to  our  firm *Organisational*

10 Org05 The  cost  of  BIM  training  is  significant  to  our  firm *Organisational*

11 Org06 Our  firm  believes  that  it  takes  too  much  organisational  efforts

12 Pro01 There  is  no  or  low  benefits  in  adopting  BIM  on  our  building

13 Pro02 BIM  is  not  suitable  for  our  building  projects *Project*

The  instrument  was  modified  and  collated  from  previous  studies,  thus  conducting  an  exploratory

factor  analysis  (EFA)  is  deemed  essential  to  establish  the  validity  and  reliability  of  the  instrument.

While  testing  the  instrument  and  scales  is  achievable  through  conducting  EFA,  an  advantage  of

PLS-SEM  is  that  it  includes  confirmatory  factor  analysis  (CFA),  which  is  considered  a  superior

approach  to  scale  development  (Hair,  2010).  PLS-SEM  based  model  analysis  provides  a  more

precise  evaluation  of  reliability  and  validity  of  measurement  scales  in  the  instrument  (Astrachan,

Patel  and  Wanzenried,  2014).  As  described  below,  this  is  the  initial  stage  of  conducting  a  PLS-

SEM  analysis.

**Measurement  model**

The  first  stage  of  analysis  starts  with  evaluating  the  measurement  models  deploying*PLS  algorithm*

with  the  number  of  iterations  set  at  300.  In  case  the  algorithm  cannot  converge  at  300  iterations,

a  stable  solution  could  not  be  expected  with  the  specified  model  and  the  submitted  data.  The

algorithm  for  the  specified  model  converged  with  11  iterations.  As  illustrated  in  Figure  3,  Org02

had  a  loading  below  0.4  (highlighted  in  red)  and  had  to  be  removed  from  the  model  as

recommended  by  Hair  et  al.  (2014).  All  other  indicators  had  loadings  above  0.4  and  were

retained  for  the  next  stage  (assessment  of  the  measurement  models).

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *78*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*

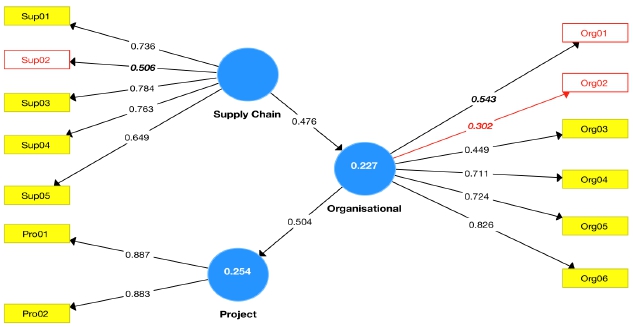


Figure  3:  Initial  model  of  the  study

As  asserted  by  Hair  et  al.  (2014),  assessment  of  the  measurement  models  (associations  between

latent  variables  and  indicators)  should  include  estimating:  (1)  the  internal  consistency  reliability

(composite  reliability),  (2)  convergent  validity  (average  variance  extracted  (AVE)),  (3)  reliability

of  individual  indicators  (high  significant  outer  loadings)  and  (4)  discriminant  validity  (cross

loadings  and*Fornell-Larcker*  criteria).  Table  5  illustrates  the  results  and  the  cut-off  points  to  assess

the  quality  of  the  measurement  models.

Table  5:  internal  consistency  reliability  and  convergent  validity  of  the  measurement  models

Latent  variables Acceptable  range

0.70  <  Composite  reliability  <0.90 Average  Variance  Extracted  (AVE)>.50

Organisational 0.774

Project 0.878

Supply  Chain 0.821

0.383

0.783

0.483

As  illustrated  in  Table  5,  all  composite  reliability  measures  were  within  the  satisfactory  level,

**˂**  In

while  AVEs  for*Organisational*  and*Supply  Chain*  constructs  were  below  0.50.  Hence,  indicators  in

the  model  were  literally  measuring  error  rather  than  these  two  constructs  (Hair  et  al.,  2014).  To

revise  the  model,  unreliable  indicators  have  to  be  identified  and  omitted  from  the  model.  To

identify  unreliable  indicators,  two  criteria  should  be  assessed.  These  are:  (1)  the  outer  loading  of

each  indicator  on  its  associated  construct  should  be  higher  than  its  loadings  on  other  constructs

in  the  model,  and  (2)  according  to*Fornell-Larcker*  criteria,  the  square  root  of  AVE  of  each

construct  should  be  higher  than  its  highest  correlation  with  any  other  construct.  Cross-loadings

as  illustrated  in  Table  6  indicated  that  outer  loading  of  Org01  on*Organisational*  construct  was

lower  than  that  of  the*Project*.  Consequently,  Org01  was  removed  from  the  model  (see  Figure  3).

Running  the  revised  model  after  removing  Org01  and  Orge02  showed  satisfactory  results  with

an  exception  being  the  AVE  for*Supply  Chain*  (0.485 0).**0.5**  case  removal  of  any  indicator

with  an  outer  loading  below  0.7  increases  the  AVE  of  its  associated  construct,  indicator  has  to  be

omitted  from  the  model  (Hair  et  al.,  2014).  As  illustrated  in  Figure  3,  Sup02  had  a  loading  below

0.7.  Removal  of  Sup02  from  the  model  resolved  the  issue  by  increasing  AVE  to  0.542.  Table  7

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *79*

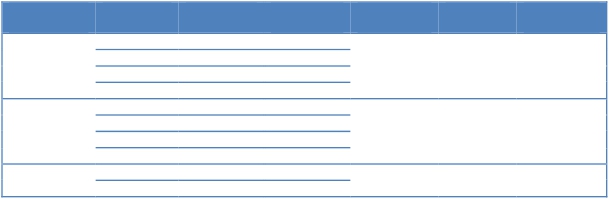
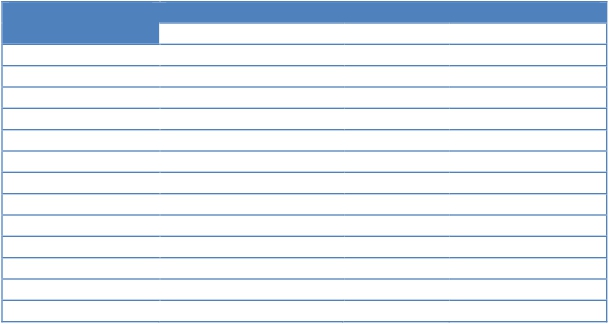
*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*

Note:*Fornell-Larcker*  criteria  is  the  most  conservative  measure  to  assess  discriminant  validity

**contexts** **Barriers**

**Reliability** **Composite**

**Reliability** **AVE**



summarises  the  results  of  assessing  the  measurement  models  for  the  barriers  in  three  embedded

contexts  and  provides  support  for  the  validity  and  reliability  of  the  revised  model.  As  such,

Org01,  Org02  and  Sup02  (see  Table  4)  were  not  assessed  as  reliable  indicators  and  had  to  be

removed  from  the  initial  model.  These  three  indicators  for  the  most  part  were  reflective  of

knowledge  aspects  of  BIM  within  the  supply  chain  of  the  construction  industry  and  in  the

organisation  of  SMEs.  As  such,  features  associated  with  lack  of  knowledge  of  BIM  were  not

found  to  be  influential  barriers  to  BIM  adoption  within  Australian  SMEs.

Table  6:  Cross  loadings  to  assess  discriminant  validity  of  the  measurement  model

**Indicator** **Constructs**

**Organisational** **Project** **Supply  Chain**

Org01 0.543 0.581 0.206

Org02 0.302 0.155 0.034

Org03 0.449 0.169 0.072

Org04 0.711 0.223 0.448

Org05 0.724 0.188 0.429

Org06 0.826 0.369 0.357

Pro01 0.450 0.887 0.381

Pro02 0.442 0.883 0.372

Sup01 0.393 0.477 0.736

Sup02 0.115 0.012 0.506

Sup03 0.237 0.294 0.784

Sup04 0.392 0.245 0.763

Sup05 0.361 0.275 0.649

Table  7:  Result  summary  for  the  reflective  measurement  models  (revised)

**Embedded** **Loadings** **Indicator** **Discriminant**

**Validity**

*Supply  Chain* Sup01 .749 0.561 .826 .542 *Fornell-Larcker*

Sup03 .775 0.601 criteria\*  met

Sup04 .746 0.557

Sup05 .674 0.454

*Organisational* Org03 .419 0.176 .833 .570 *Fornell-Larcker*

Org04 .856 0.733 criteria  met

Org05 .872 0.760

Org06 .782 0.612

*Project* Pro01 .906 0.821 .877 .782 *Fornell-Larcker*

Pro02 .861 0.741 criteria  met

\*

(Hair  et  al.,  2014)

The  satisfactory  outcomes  in  analysing  the  measurement  models  provide  justification  for

interpretation  of  the  measurement  model.  That  is,  the  three  constructs  included  in  the  model  are

reliable  in  view  of  their  associated  indicators  and  their  inclusion  in  the  model  is  justified.  The

values  of  loadings  in  a  valid  measurement  model  could  be  used  to  interpret  the  strength  and  level

of  importance  of  indicators  in  affecting  their  underlying  constructs  (Hair  et  al.,  2014).  As  a  result,

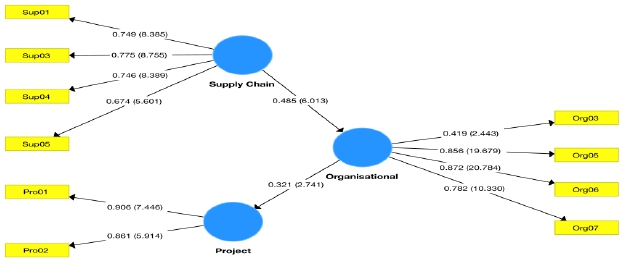
as  inferred  from  Table  7  the  most  influential  barrier  in  the  supply  chain  context  was  Sup03  (Sub-

Contractors  are  not  interested  in  using  BIM).  This  indicates  that  lack  of  interest  from

subcontractors  and  trades  within  the  construction  supply  chain  (as  key  stakeholders)  makes

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *80*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



SMEs  shy  away  from  adopting  BIM.  The  barrier  with  the  lowest  level  of  influence  was  Sup05

(There  is  no  official  standard  for  adopting  and  using  BIM  on  building  projects),  which  also

corroborated  the  interpretation  with  regard  to  negligible  influence  of  lack  of  knowledge  within

Australian  SMEs  with  regard  to  BIM.  That  is,  lack  of  standards  (sources  of  knowledge  and

instruction)  was  the  barrier  with  the  lowest  level  of  influence  for  SMEs.

Level  of  influence  of  barriers  within  the  organisation  were  noticeably  different  (see  Table  7).

Org05  and  Org04  were  by  far  more  influential  than  other  barriers.  This  revealed  that  negative

perceptions  about  costs  of  BIM  implementation  within  the  organisation  of  SMEs  are  seen  as

highly  influential  barriers.  On  the  other  hand,  Org03  (Our  firm  does  not  have  the  skills  and

expertise  for  BIM  adoption)  acknowledged  the  low  impacts  of  lack  of  knowledge  as  a  barrier

impeding  adoption  of  BIM  within  Australian  SMEs.  In  fact,  SMEs  do  not  perceive  various

aspects  of  lack  of  knowledge  within  the  supply  chain  or  in  the  organisation  as  influential  barriers

.  The  two  barriers  in  the  project  level  had  loadings  well  above  (0.7),  thus  were  strong  reflectors

of  their  underlying  construct.  Yet,  as  inferred  from  Table  7,  Pro01  (There  is  no  or  low  benefits  in

adopting  BIM  on  our  building  projects)  was  the  most  influential  barrier  implying  the

conservative  viewpoints  within  Australian  SMEs  regarding  the  benefits  of  using  BIM  on  their

projects.  In  essence,  the  barriers  in*Project*  context  show  the  common  belief  among  SMEs  in

Australia  denoting  that  BIM  is  not  beneficial  enough  for  their  projects.

**Structural  model**

The  next  step  after  assessing  the  measurement  models  would  be  to  investigate  if  the  structural

model  supports  the  validity  of  the  theoretical  model  of  the  study  in  exposure  to  the  data

collected  from  the  field.  Analysis  of  the  structural  model  will  define  whether  associations  of

constructs  in  the  model  are  supported  by  empirical  data  and  if  model’s  predictive  capability  is

acceptable.  To  this  end,  a  number  of  measures  should  be  assessed.  As  there  is  only  one

exogenous  construct  for  endogenous  constructs,  the  problem  of  collinearity  does  not  apply  to

the  model.  Yet,  significance  of  path  coefficients,  level  of effect  sizes  ( )  alongside  predictive

relevance  ( )  were  to  be  assessed  in  line  with  the  instructions  provided  by  Hair  et  al.  (2014).  To

assess  the  significance  of  path  coefficients,  bootstrapping  should  be  used  with  a  minimum  of

5000  valid  observations.  Figure  4  illustrates  the  results  of  running  the  bootstrapping  with

numbers  on  the  arrows  showing  the  loadings  alongside*t-values*.  The  critical  value  for  a  two-tailed

test  is  1.96  (significant  level  =  5%).  All  relationships  within  the  revised  model  had*t-values*  well

above  1.96,  thus  were  regarded  as  significant  associations.

Figure  4:  Revised  model  for  barriers  to  BIM  adoption

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *81*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



Values  of for  endogenous  constructs  show  the  percentage  of  variance  explained  by  the

exogenous  latent  variables  in  the  structural  model.  The  findings  showed  that*Organisational*  and

*Project*  had values  of  (.235)  and  (.103). values  provide  useful  measures  when  several

exogenous  constructs  are  involved.  As  each  of  endogenous  constructs  had  only  one  exogenous

construct, values  could  provide  a  more  accurate  estimate  of  the  level  of  contribution  of  an

exogenous  construct  on  the  endogenous  one.  The values  for*Supply  Chain*  and*Organisational*

were  (.307)  and  (.115)  respectively.  According  to  Hair  et  al.  (2014)  such  a  range  of  values

indicates  large  and  medium  contribution  of  exogenous  variables  on  the  endogenous  ones.  As

such,  supply  chain  barriers  are  large  contributors  to  barriers  in  the  organisation,  yet  the

contribution  of  barriers  within  the*Organisational*  context  on*Project*  is  medium.  Running

blindfolding  (omission  distance  D=8)  resulted  in values  equal  to  0.114  for  the*Organisational*

construct  and  0.064  for  the*Project*.  As  asserted  by  Hair  et  al.  (2014),  a value  above  zero

indicates  the  model  has  predictive  relevance  for  the  endogenous  constructs.  This  acknowledged

the  validity  of  the  theoretical  model  in  explaining  the  associations  between  the  embedded

contexts  of  barriers.

**Discussion   of   the   findings**

**Current  state  of  BIM  in  Australian  SMEs**

The  findings  of  the  study  present  a  picture  of  the  current  state  of  BIM  within  Australian  SMEs,

which  shows  some  discrepancy  with  findings  of  similar  studies.  The  level  of  BIM  engagement

within  SMEs  in  the  present  study  (42%)  is  close  to  the  recent  estimation  by  Rodgers  et  al.  (2015)

in  South  Australia  who  claimed  that  around  45%  of  SMEs  have  been  involved  in  BIM.  Yet,  the

findings  show  a  different  feature  compared  against  the  studies  conducted  around  2010  within  the

Australian  context.  That  is,  while  the  findings  of  the  present  study  show  that  around  42%  of

SMEs  have  been  engaged  in  BIM,  the  study  by  Gerrard  et  al.  (2010)  estimated  an  overall

engagement  of  25%  within  the  construction  industry,  which  is  much  lower  than  the  figures

revealed  here.  Such  gap  observed  between  adoption  figures,  indicates  how  fast-moving  BIM  is

within  the  Australian  construction  industry  and  reveals  the  successful  attempts  of  Australian

SMEs  to  keep  up  with  BIM  trend  as  pointed  out  by  Rodgers  et  al.  (2015).  The  findings  also

indicate  that  the  immaturity  of  BIM  implementation  is  still  a  problem  within  Australian  SMEs.

That  is,  close  to  5%  of  SMEs  had  used  Level  3  and  8%  had  utilised  Level  2  BIM  on  their

projects.  This  shows  that  implementing  an  integrated  BIM  with  a  satisfactory  level  of

collaboration  among  stakeholders  has  remained  a  distant  target  for  Australian  SMEs  as  pointed

out  by  Forsythe  (2014)  and  Gerrard  et  al.  (2010).

As  a  result,  the  findings  show  an  updated  picture  of  the  status  quo  of  Australian  SMEs  with

regard  to  their  engagement  with  BIM,  which  enables  researchers  to  identify  the  trend  in

comparing  the  findings  with  observations  reflected  in  previous  studies.

**Barriers  to  BIM  adoption  for  Australian  SMEs**

Exposing  the  model  developed  for  the  study  to  the  data  revealed  that  lack  of  knowledge  and

awareness  on  BIM  is  not  an  influential  barrier  to  BIM  adoption  for  Australian  SMEs  anymore.

Hence,  there  is  an  obvious  contradiction  with  the  findings  of  previous  studies,  which  have

pointed  to  the  lack  of  knowledge  and  expertise  on  BIM  as  major  barriers  towards  BIM  adoption

within  the  UK  construction  industry  (Khosrowshahi  and  Arayici,  2012)  as  well  as  the  Australian

context  (Gerrard  et  al.,  2010;  Rodgers  et  al.,  2015).  This  similarly  challenges  the  common  belief

with  regard  to  the  typical  failure  of  SMEs  in  managing  knowledge  on  an  innovation  where  they

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *82*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



are  interested  in  adoption  of  the  innovation  (Poirier,  Staub-French  and  Forgues,  2015a;  Shelton,

Martek  and  Chen,  2016).

The  main  barriers  identified  across  the  three  contexts  were  stemmed  from  the  lack  of  interest

from  parties  involved  in  the  construction  supply  chain  alongside  the  negative  perceptions  about

the  large  amount  of  effort  and  expenses  to  be  allocated  for  adoption  of  BIM  within  SMEs.  In

essence,  the  main  barrier  could  be  interpreted  as  the  lack  of  interest  of  SMEs  to  accept  the  risks

associated  with  the  return  on  investment  (ROI)  of  BIM.  This  is  fathomable  as  the  level  of  BIM

engagement  is  directly  associated  with  the  perception  of  decision  makers  about  the  ROI  they

receive  on  their  investments  and  allocated  resources  (McGraw  Hill,  2014).  For  SMEs  struggling

to  survive  in  the  market,  taking  such  risks  is  beyond  their  acceptable  level.  In  essence,  SMEs

inherently  have  a  tendency  to  adopt  reliable  methods  with  guaranteed  ROI,  which  are

previously-verified  (Poirier,  Staub-French  and  Forgues,  2015a).  Lack  of  interest  from  parties

across  the  supply  chain  was  also  an  influential  barrier.  This  refereed  to  a  lack  of  interest  from

clients  on  the  higher  end  of  the  supply  chain  as  well  as  the  parties  working  for  SMEs  including

sub-contractors,  which  are  the  “weakest  link  in  the  supply  chain”  when  it  comes  to  BIM

adoption  (Forsythe,  2014).  Policy  makers  and  BIM  advocates  have  to  focus  their  efforts  on  these

two  groups  to  promote  BIM  within  SMEs.

The  findings  of  the  study  validated  the  model  proposed  for  BIM  adoption  by  Poirier,  Staub-

French  and  Forgues  (2015a).  As  such,  factors  affecting  BIM  adoption  belong  to  different

embedded  contexts  according  to  the  process  of  innovation  diffusion  with  factors  in  each  context

affecting  other  contexts.  Yet,  the  findings  showed  a  weak  contribution  between  the*Organizational*

context  and*Project*  context  where  the  contribution  of*Industry*  context  to  the*Organisational*  context

was  strong.  The  impacts  of  the  business  environment,  competitors  in  the  market  and  partners  in

the  supply  chain  are  established  according  to  the  innovation  diffusion  theory  (Hosseini  et  al.,

2015).  The  low  contribution  of*Organisational*  context  on*Project*  can  be  justified  in  view  a  lack  of

long-term  organisational  strategy  (or  even  a  lack  of  organisational  structure)  for  SMEs  (Poirier,

Staub-French  and  Forgues,  2015a).  This  reveals  another  serious  problem  affecting  SMEs  and  the

whole  construction  industry  in  Australia  in  the  journey  towards  higher  levels  of  BIM  use.

**Conclusion**

This  study  reported  the  findings  of  a  research  project,  which  adopted  a  questionnaire  survey

targeting  SMEs  within  the  Australian  construction  industry.  As  the  first  quantitative  study

focused  on  SMEs  within  the  national  Australian  context,  the  findings  of  the  present  study

provides  a  current  insight  into  the  state  of  BIM  within  SMEs  in  Australia  in  several  ways.  First,  it

becomes  clear  that  the  rate  of  BIM  adoption  in  SMEs  is  fast  and  acknowledges  the  success  of

SMEs  in  adopting  BIM  judging  from  the  comparison  of  the  adoption  rates  as  discussed  in  the

present  study  with  the  findings  of  studies  conducted  around  6  years  ago.  Findings  of  the  present

study  also  revealed  original  views  related  to  the  barriers  hindering  BIM  adoption  for  Australian

SMEs.  As  a  startling  insight,  the  study  brought  to  light  that  lack  of  knowledge  is  no  more  an

influential  barrier  to  BIM  adoption  within  Australian  SMEs.  In  fact,  the  main  barriers  are  all

stemmed  from  a  lack  of  evidence  that  approves  the  advantages  of  BIM  for  small-sized  projects.

In  absence  of  sufficient  proof,  BIM  adoption  is  seen  too  risky  in  view  of  the  limited  resources

available  for  small  businesses.

Above  all,  the  study  goes  beyond  the  existing  body  of  the  knowledge  by  offering  a  model  for

BIM  adoption  barriers  for  Australian  SMEs  inspired  by  information  diffusion  theory  (IDT).  As

the  first  in  its  kind,  the  model  quantifies  the  relative  importance  of  the  contexts  in  which  barriers

to  BIM  adoption  are  embedded.  This  disclosed  the  weak  contribution  of  the*Organisational*

context  to*Project*  context  with  regard  to  barriers  to  BIM  adoption.  This  novel  insight  indicates

that  in  order  to  enhance  BIM  adoption  within  Australian  SMEs,  the  main  context  to  be  targeted

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *83*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



is  the  supply  chain  rather  than  attempting  to  alter  the  organisational  context  strategies  and

polices.

Despite  the  contributions,  the  findings  of  the  study  should  be  applied  in  view  of  a  number  of

limitations.  That  is,  the  findings  are  reflective  of  Australian  SMEs  perceptions  with  a  majority  of

respondents  being  micro  companies.  Therefore,  direct  use  of  the  findings  for  other  countries

and  for  medium-sized  companies  should  be  treated  with  caution.  Nevertheless,  this  provides  a

number  of  fertile  grounds  for  research.  These  include  validating  the  findings  in  other  contexts

and  countries  with  larger  samples  and  larger  companies.  Besides,  the  findings  are  for  the  most

part  reflective  of  the  viewpoints  of  contractors  and  design  companies.  Future  inquiries  should

target  clients  and  large-sized  companies  working  with  SMEs  to  provide  an  insight  into  the  area

from  a  different  vantage  point.  On  top  of  that,  providing  remedial  solutions  to  the  key  barriers

identified  in  the  present  study  would  add  great  value  to  the  body  of  the  knowledge  as  another

lucrative  area  for  future  research  studies.

**References**

Abubakar,  M.,  Ibrahim,  Y.,  Kado,  D.  and  Bala,  K.,  2014.  Contractors’  Perception  of  the  Factors  Affecting  Building

Information  Modelling  (BIM)  Adoption  in  the  Nigerian  Construction  Industry.  In:*International  Conference  on*

*Computing* *in* *Civil* *and* *Building* *Engineering.* Orlando, Florida, United States, June 23-25. doi:

<http://dx.doi.org/10.1061/9780784413616.022>

Acar,  E.,  Koçak,  I.,  Sey,  Y.  and  Arditi,  D.,  2005.  Use  of  information  and  communication  technologies  by  small  and

medium‐sized  enterprises  (SMEs)  in  building  construction.*Construction  Management  and  Economics*,  23(7),  pp.713-

22.  doi:  <http://dx.doi.org/10.1080/01446190500127112>

Aranda-Mena,  G.,  Crawford,  J.,  Chevez,  A.  and  Froese,  T.,  2009.  Building  information  modelling  demystified:  does

it  make  business  sense  to  adopt  BIM?*International  Journal  of  Managing  Projects  in  Business*,  2(3),  pp.419-34.  doi:

<http://dx.doi.org/10.1108/17538370910971063>

Arayici,  Y.,  Coates,  P.,  Koskela,  L.,  Kagioglou,  M.,  Usher,  C.  and  O'Reilly,  K.,  2011.  BIM  adoption  and

implementation for architectural practices. *Structural* *Survey*, 29(1), pp.7-25. doi:

<http://dx.doi.org/10.1108/02630801111118377>

Astrachan,  C.B.,  Patel,  V.K.  and  Wanzenried,  G.,  2014.  A  comparative  study  of  CB-SEM  and  PLS-SEM  for  theory

development in family firm research.*Journal  of  Family* *Business  Strategy*, 5(1), pp.116-28. doi:

ttp://dx.doi.org/10.1016/j.jfbs.2013.12.002

Azhar,  S.,  Khalfan,  M.  and  Maqsood,  T.,  2015.  Building  information  modelling  (BIM):  now  and  beyond.*Construction*

*Economics  and  Building*,  12(4),  pp.15-28.  doi:  <http://dx.doi.org/10.5130/ajceb.v12i4.3032>

Bin  Zakaria,  Z.,  Mohamed  Ali,  N.,  Tarmizi  Haron,  A.,  Marshall-Ponting,  A.  and  Abd  Hamid,  Z.,  2013.  Exploring

the  adoption  of  Building  Information  Modelling  (BIM)  in  the  Malaysian  construction  industry:  A  qualitative

approach. *International* *Journal* *of* *Research* *in* *Engineering* *and* *Technology*, 2(8), pp.384-95. doi:

<http://dx.doi.org/10.15623/ijret.2013.0208060>

Brewer,  G.  and  Gajendran,  T.,  2012.  Attitudes,  behaviours  and  the  transmission  of  cultural  traits:  Impacts  on

ICT/BIM use in a project team. *Construction* *Innovation*, 12(2), pp.198-215. doi:

<http://dx.doi.org/10.1108/14714171211215949>

Bröchner,  J.  and  Lagerqvist,  O.,  2016.  From  ideas  to  construction  innovations:  firms  and  universities  collaborating.

*Construction  Economics  and  Building*,  16(1),  pp.76-89.  doi:  <http://dx.doi.org/10.5130/AJCEB.v16i1.4668>

Cao,  D.,  Li,  H.  and  Wang,  G.,  2014.  Impacts  of  isomorphic  pressures  on  BIM  adoption  in  construction  projects.

*Journal  of  Construction  Engineering  and  Management*,  140(12).  doi:  [http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-](http://dx.doi.org/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000903)

[7862.0000903](http://dx.doi.org/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000903)

Cao,  D.,  Li,  H.,  Wang,  G.  and  Huang,  T.,  2016.  Identifying  and  contextualising  the  motivations  for  BIM

implementation  in  construction  projects:  An  empirical  study  in  China.*International  journal  of  project  management*.

doi:  ttp://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.02.002

Chan,  C.T.W.,  2014.  Barriers  of  Implementing  BIM  in  Construction  Industry  from  the  Designers’  Perspective:  A

Hong  Kong  Experience.*Journal  of  System  and  Management  Sciences*,  4(2),  pp.24-40.

Coltman,  T.,  Devinney,  T.M.,  Midgley,  D.F.  and  Venaik,  S.,  2008.  Formative  versus  reflective  measurement  models:

Two  applications  of  formative  measurement.*Journal  of  Business  Research*,  61(12),  pp.1250-62.  doi:

ttp://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2008.01.013

Creswell,  J.W.,  2009.*Research  design:  Qualitative,  quantitative,  and  mixed  methods  approaches*.  Thousand  Oaks,  California:

Sage  Publications,  Inc.

Davies,  R.  and  Harty,  C.,  2013.  Implementing  ‘Site  BIM’:  a  case  study  of  ICT  innovation  on  a  large  hospital  project.

*Automation  in  Construction*,  30,  pp.15-24.  doi:  ttp://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.11.024

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *84*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



Demian,  P.  and  Walters,  D.,  2014.  The  advantages  of  information  management  through  building  information

modelling. *Construction* *Management* *and* *Economics*, 32(12), pp.1153-65. doi:

<http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2013.777754>

Engineers Australia, 2014. *Driving* *building* *information* *modelling* *(BIM)* *uptake* [online]. Available at:

https://www.engineersaustralia.org.au/news/driving-building-information-modelling-bim-uptake.

Forsythe,  P.,  2014.  The  Case  for  BIM  Uptake  among  Small  Construction  Contracting  Businesses.  In:*The  31st*

*International  Symposium  on  Automation  and  Robotics  in  Construction  and  Mining.*  University  of  Technology  Sydney,

Sydney,  Australia,  June  23-25.

Forza,  C.,  2002.  Survey  research  in  operations  management:  a  process‐based  perspective.*International  Journal  of*

*Operations  &  Production  Management*,  22(2),  pp.152-94.  doi:  <http://dx.doi.org/10.1108/01443570210414310>

Gerrard,  A.,  Zuo,  J.,  Zillante,  G.  and  Skitmore,  M.,  2010.  Building  Information  Modeling  in  the  Australian

Architecture  Engineering  and  Construction  Industry.  In:  U.  Jason  and  I.  Umit  eds.*Handbook  of  Research  on*

*Building  Information  Modeling  and  Construction  Informatics:  Concepts  and  Technologies*.  Hershey,  PA,  USA:  IGI  Global.

pp.521-45.  doi:  <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-60566-928-1.ch023>

Gibson,  B.,  Rispoli,  L.  and  Leung,  D.,  2011.*Small,  Medium-sized  and  Large  Businesses  in  the  Canadian  Economy:  Measuring*

*Their  Contribution  to  Gross  Domestic  Product  in  2005*.  Statistics  Canada,  Analytical  Studies  Branch.

Gledson,  B.J.  and  Wardleworth,  S.,  2016.  Hybrid  project  delivery  processes  observed  in  constructor  BIM  innovation

adoption.*Construction  Innovation*,  16(2),  pp.229-46.  doi:  <http://dx.doi.org/10.1108/CI-04-2015-0020>

Hair,  J.F.,  2010.*Multivariate  Data  Analysis*.  7th  ed.  NJ:  Prentice  Hall.

Hair,  J.F.,  Hult,  G.T.M.,  Ringle,  C.  and  Sarstedt,  M.,  2014.*A  primer  on  partial  least  squares  structural  equation  modeling*

*(PLS-SEM)*.  Thousands  Oaks,  California:  Sage  Publications.

Holt,  G.D.,  2014.  Asking  questions,  analysing  answers:  relative  importance  revisited.*Construction  Innovation*,  14(1),

pp.2-16.  doi:  <http://dx.doi.org/10.1108/CI-06-2012-0035>

Hosseini,  M.R.,  Chileshe,  N.,  Zuo,  J.  and  Baroudi,  B.,  2015.  Adopting  global  virtual  engineering  teams  in  AEC

Projects:  A  qualitative  meta-analysis  of  innovation  diffusion  studies.*Construction  Innovation*,  15(2),  pp.151-79.  doi:

<http://dx.doi.org/10.1108/CI-12-2013-0058>

Khosrowshahi,  F.  and  Arayici,  Y.,  2012.  Roadmap  for  implementation  of  BIM  in  the  UK  construction  industry.

*Engineering,* *Construction* *and* *Architectural* *Management*, 19(6), pp.610-35. doi:

<http://dx.doi.org/10.1108/09699981211277531>

Kline,  R.B.,  2011.*Principles  and  practice  of  structural  equation  modeling*.  3rd  ed.  New  York,  NY:  The  Guilford  Press.

Manderson,  A.,  Jefferies,  M.  and  Brewer,  G.,  2015.  Building  information  modelling  and  standardised  construction

contracts:  a  content  analysis  of  the  GC21  contract.*Construction  Economics  and  Building*,  15(3),  pp.72-84.  doi:

<http://dx.doi.org/10.5130/AJCEB.v15i3.4608>

McGraw  Hill,  2014.  The  business  value  of  BIM  in  Australia  and  New  Zealand:  How  building  information  modelling

is  transforming  the  design  and  construction  industry.*Bedford,  MA:  McGraw  Hill  Construction*.

Mignone,  G.,  Hosseini,  M.R.,  Chileshe,  N.  and  Arashpour,  M.,  2016.  Enhancing  Collaboration  in  BIM-based

Construction  Networks  through  Organisational  Discontinuity  Theory:  A  case  study  of  the  New  Royal  Adelaide

Hospital. *Architectural* *Engineering* *and* *Design* *Management,* 12(5), pp.333-352. doi:

<http://dx.doi.org/10.1080/17452007.2016.1169987>

Miller,  G.,  Sharma,  S.,  Donald,  C.  and  Amor,  R.,  2013.  Developing  a  Building  Information  Modelling  Educational

Framework  for  the  Tertiary  Sector  in  New  Zealand.  In.*Product  Lifecycle  Management  for  Society*:  Springer.  pp.606-

18.  doi:  <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-41501-2_60>

Murphy,  M.E.,  2014.  Implementing  innovation:  a  stakeholder  competency-based  approach  for  BIM.*Construction*

*Innovation*,  14(4),  pp.433-52.  doi:  <http://dx.doi.org/10.1108/CI-01-2014-0011>

Neuman,  W.L.,  2006.*Social  research  methods  :  qualitative  and  quantitative  approaches*.  6th  ed.  Boston:  Pearson/Allyn  and

Bacon.

Poirier,  E.,  Staub-French,  S.  and  Forgues,  D.,  2015a.  Embedded  contexts  of  innovation:  BIM  adoption  and

implementation for a specialty contracting SME. *Construction* *Innovation*, 15(1), pp.42-65. doi:

<http://dx.doi.org/10.1108/CI-01-2014-0013>

Poirier,  E.A.,  Staub-French,  S.  and  Forgues,  D.,  2015b.  Assessing  the  performance  of  the  building  information

modeling  (BIM)  implementation  process  within  a  small  specialty  contracting  enterprise.*Canadian  Journal  of  Civil*

*Engineering*,  42(10),  pp.766-78.  doi:  <http://dx.doi.org/10.1139/cjce-2014-0484>

Rodgers,  C.,  Hosseini,  M.R.,  Chileshe,  N.  and  Rameezdeen,  R.,  2015.  BIM  within  the  Australian  Construction

Related  Small  and  Medium  Sized  Enterprises:  Awareness,  Practices  and  Drivers.  In:  A.B.a.A.-N.  Raidén,  E,*Procs*

*31st  Annual  ARCOM  Conference.*  Lincoln,  UK:  Association  of  Researchers  in  Construction  Management.

Rogers,  E.M.,  2010.*Diffusion  of  Innovations*.  4th  ed.  New  York,  NY:  Simon  and  Schuster.

Saridakis,  G.,  Muñoz  Torres,  R.  and  Johnstone,  S.,  2013.  Do  human  resource  practices  enhance  organizational

commitment  in  SMEs  with  low  employee  satisfaction?*British  Journal  of  Management*,  24(3),  pp.445-58.  doi:

ttp://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8551.2012.00814.x

Seens,  D.,  2015.  SME  Operating  Performance.*Industry  Canada*.

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *85*

*Construction  Economics  and  Building,  16(3),  71-86*



Shelton,  J.,  Martek,  I.  and  Chen,  C.,  2016.  Implementation  of  innovative  technologies  in  small-scale  construction

firms:  Five  Australian  case  studies.*Engineering,  Construction  and  Architectural  Management*,  23(2),  pp.177-91.  doi:

<http://dx.doi.org/10.1108/ECAM-01-2015-0006>

Slaughter,  E.S.,  1998.  Models  of  Construction  Innovation.*Journal  of  Construction  Engineering  and  Management*,  124(3),

pp.226-31.  doi:  [http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:3(226)](http://dx.doi.org/10.1061/%28ASCE%290733-9364%281998%29124:3%28226%29)

SMEAA,  2011.  SME  infographic  illustrates  vital  role  of  sector  in  Australian  economy.  http://www.smea.org.au/:

SME  Association  of  Australia  (SMEAA).

Stanley,  R.  and  Thurnell,  D.,  2014.  The  benefits  of,  and  barriers  to,  implementation  of  5D  BIM  for  quantity

surveying in New Zealand. *Construction* *Economics* *and* *Building*, 14(1), pp.105-117. doi:

<http://dx.doi.org/10.5130/ajceb.v14i1.3786>

USCB,  2016.  Economic  Census  of  the  United  States:  The  United  States  Census  Bureau  (American  Fact  Finder).

Winch,  G.,  1998.  Zephyrs  of  creative  destruction:  understanding  the  management  of  innovation  in  construction.

*Building  Research  &  Information*,  26(5),  pp.268-79.  doi:  <http://dx.doi.org/10.1080/096132198369751>

Wong,  K.K.-K.,  2013.  Partial  least  squares  structural  equation  modeling  (PLS-SEM)  techniques  using  SmartPLS.

*Marketing  Bulletin*,  24(1),  pp.1-32.

Wood,  G.,  Davis,  P.  and  Olatunji,  O.A.,  2011.  Modelling  the  costs  of  corporate  implementation  of  building

information  modelling.*Journal  of  Financial  Management  of  Property  and  Construction*,  16(3),  pp.211-31.  doi:

<http://dx.doi.org/10.1108/13664381111179206>

*Hosseini,  Banihashemi,  Chileshe,  Namzadi,  Udeaja,  Rameezdeen  and  McCuen* *86*